

N° D'ORDRE :

193

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE LYON

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

PAR

Jean LOUIS

1^{re} THÈSE. — TECTONIQUE DES BASSINS HOUILLERS DE LA BORDURE
ORIENTALE DU MASSIF CENTRAL.

2^e THÈSE. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le 16 Décembre 1952 devant la Commission d'examen

MM. M. THORAL	. . .	Président
R. KUHNER	. . .	} Examinateurs
J. VIRET	. . .	

M. P. PRUVOST,

*Professeur de Géologie à la Sorbonne, Membre correspondant de l'Institut,
Membre invité.*

IMPRESSIONS - ÉDITIONS

A. LÉMERY & ses FILS

103, RUE BÉCHEVELIN — LYON

—
1954

THE
LIBRARY
OF THE
INTERNET ARCHIVE



Digitized by the Internet Archive
in 2026

N° D'ORDRE :

193

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE LYON

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

PAR

Jean LOUIS

1^{re} THÈSE. — TECTONIQUE DES BASSINS HOUILLERS DE LA BORDURE
ORIENTALE DU MASSIF CENTRAL.

2^e THÈSE. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le 16 Décembre 1952 devant la Commission d'examen

MM. M. THORAL . . .	Président
R. KUHNER . . .	} Examinateurs
J. VIRET . . .	

M. P. PRUVOST,

*Professeur de Géologie à la Sorbonne, Membre correspondant de l'Institut,
Membre invité.*

IMPRESSIONS - ÉDITIONS

A. LÉMERY & ses FILS

403, RUE BÉCHEVELIN — LYON

1954

UNIVERSITÉ DE LYON - FACULTÉ DES SCIENCES

Doyen Honoraire

M. LONCHAMON, O. ✱, Médaillon de la Résistance, I., +.

Professeurs Honoraires

MM. VESSIOT, C. ✱, I., Membre de l'Institut.	SIRE, ✱, I., +.
DULAC, O. ✱, I.	FROMAGEOT, I.
VANEY, ✱, I., +.	LOCQUIN, ✱, I., Correspondant de l'Institut.
MEUNIER L., O. ✱, I.	DE LARAMBERGUE, I. A.

Doyen

M. DOUIN, O. ✱, I.

Assesseur

M. EYRAUD, ✱, I.

Professeurs

MM. LONGCHAMON, O. ✱, Médaillon de la Résistance, I., +, *Minéralogie*.
DOUIN, O. ✱, I., *Botanique*.
DEJARDIN, O. ✱, I., *Physique Générale*.
SOLLAUD, ✱, I., *Zoologie*.
THIBAUD, I., *Physique atomique*.
EYRAUD, ✱, I., *Calcul différentiel et intégral*.
THORAL, I., *Géologie*.
DŒUVRE, I., *Chimie organique*.
CORDIER, ✱, I., Chevalier du Mérite Agricole, +, *Physiologie*.
PRETTE, ✱, I., *Chimie industrielle*.
KÜHNER, I., *Botanique*.
COURTY, I. A., *Chimie-Physique*.
MALÉCOT, I. A., *Mécanique rationnelle*.
PARIS, *Chimie minérale*.
AUMÉRAS, I., *Chimie*.
BERNARD, A., *Physique*.
VIRET, ✱, I., *Géologie*.
COLONGE, I. A., *Chimie*.



Maître de Conférences honoraire

M. MOURIER DES GAYETS, I., Chevalier du Mérite Agricole.

Maîtres de Conférences

MM. MEUNIER P., I., <i>Chim. biol.</i>	MM. MENTZER, <i>Chimie biologique</i> .
JANIN, <i>Physique</i> .	WAUTIER, <i>Zoologie</i> .
MOUSSA, <i>Physique</i> .	BRACONNIER, <i>Mathématiques</i> .
NIGON, <i>Zoologie</i> .	CUEILLERON, <i>Chimie</i> .
Mme CHAIX, I. A., <i>Chimie physiolog.</i>	

Chargés de cours complémentaires

MM. DUFAY, ✱, I., <i>Astronomie et Physique Supérieure</i> .	GAUTHIER J., <i>Chimie</i> .
PIERRON, I. A., <i>Chimie</i> .	STRIFFLING, <i>Météorologie</i> .
GARRIGUES, I. A., <i>Botanique</i> .	PELLETIER, <i>Géologie</i> .
Mme FIASSON, <i>Zoologie</i> .	MAZENOT, <i>Géologie</i> .
MM. GAUTRIER H., <i>Géologie</i> .	MURET, <i>Botanique</i> .
MESNARD, <i>Physique</i> .	FIASSON, <i>Zoologie</i> .
PENNANEAC'H, <i>Mathématiques</i> .	TRANCHAT, <i>Physique</i> .

Secrétaire

M. ROUX, I.

AVANT-PROPOS

Définir les grands traits de la tectonique stéphanienne et post-stéphanienne sur la bordure orientale du Massif Central par l'étude des bassins houillers placés sur cette bordure, tel est le but de ce travail.

Il ne m'était pas possible de présenter de chaque gisement une monographie détaillée; pour réserver une place convenable aux questions plus directement en rapport avec le sujet, j'ai dû limiter certaines recherches, résumer et supprimer des parties de l'exposé. Je ne consacre que peu de lignes à l'histoire, décrit dans de précédents ouvrages; aux travaux miniers sans rapport avec la géologie, à la nature des couches de combustible, etc. J'étudie de façon plus succincte les régions régulières ou peu plissées, celles qui ont fait l'objet de récentes campagnes, les lambeaux épars entre les grands bassins, les districts stériles et peu fossilifères; j'ai cru devoir, par contre, multiplier les coupes là où se raccordent les unités tectoniques, lorsque la structure devient plus complexe.

Les bassins du Gard, de Graissessac, de Blanzly, ont fait l'objet d'une étude plus complète, dont les résultats furent en partie publiés (42 à 50). Je n'ai fait que résumer, en ce qui concerne St-Etienne, les travaux de Pruvost, Corsin, Waterlot, Bonte, de Maistre; à Autun, ceux de M. Pruvost, les complétant par quelques observations sur les niveaux élevés du Permien. J'ai eu l'occasion de revoir les bassins de Ste-Foy-l'Argentière, les terrains houillers voisins de Givors (rive droite et rive gauche du Rhône), que je décris sommairement. Les anciens exploitants de la Chapelle-sous-Dun m'ont obligeamment communiqué leurs documents. Je mentionne enfin, pour mémoire, les différents petits gîtes épars le long de la bordure orientale du Massif Central.

L'ordre suivi pourrait à première vue paraître illogique. Je place cependant en premier lieu le bassin du Gard, car il renferme les niveaux stéphanien les plus anciens; il permet de faire le départ de la tectonique tertiaire, visible dans les terrains de couverture largement étendus, d'avec la tectonique hercynienne. Le bassin de Graissessac est voisin du précédent, dont il dépend administrativement; il montre une remarquable transgression des assises houillères; je préciserai là, une première fois, les relations entre Carbonifère, Autunien et grès rouges.

Ce dernier problème sera repris à Autun, localité-type du Permien inférieur; je passerai ensuite au bassin de Blanzly, vaste zone de grès rouge entre deux bordures stéphanien, avec îlots de schistes à Walchia visibles çà et là au milieu des grès rubanés.

Suivent les gisements houillers sans couverture secondaire ni permienne très développée ou bien datée: St-Etienne, Ste-Foy, la Chapelle-sous-Dun, Communay, et, enfin, les gîtes de peu d'importance.

J'adresse mes sentiments de profonde gratitude à mon maître, M. le Professeur Marcel Thoral, qui a bien voulu me diriger et m'apporter une aide constante ; à M. P. Pruvost, Professeur à la Sorbonne, qui, après m'avoir conseillé, m'autorisant de plus à reproduire dans cet ouvrage des documents inédits, accepta de prendre place au Jury d'examen.

Je dois une grande reconnaissance à M. L. Nelter, Directeur de l'Ecole des Mines de St-Etienne, qui m'enseigna la géologie durant mon séjour dans cette école ; à MM. les Professeurs Viret et Kühner, mes anciens maîtres de paléontologie et de botanique, membres du Jury d'examen.

Je remercie M. Ch. Jacob, membre de l'Institut, qui a bien voulu présenter mes premières communications à l'Académie des Sciences.

Grâce à la bienveillance de M. Raguin, Ingénieur général des Mines, et de M. Goguel, Ingénieur en Chef, j'ai été admis comme collaborateur au Service de la Carte géologique de France, et la révision des terrains houillers de la feuille de Givors me fut confiée.

J'ai trouvé dans les différents bassins l'aide et la sympathie de nombreux camarades. Les Directions des bassins du Gard, de Graissessac et de Blanzv ont grandement facilité ma tâche.

Je garde un souvenir ému de tous ceux qui m'ont accompagné ou guidé durant mes campagnes sur le terrain ; M. G. Livet, ancien Chef du Service de géologie des Mines de la Grand'Combe ; M. Verdailhan, Chef du Bureau des plans de la division de Trélvs ; les chefs géomètres et géomètres des bassins du Gard, de Graissessac, de Blanzv.

M. de Maistre m'a fait profiter de sa connaissance du bassin de Saint-Etienne et m'a guidé sur les gisements permien. MM. Fontaine et Thion, Ingénieurs civils des Mines, m'ont obligeamment communiqué d'intéressants documents.

Des subventions du Centre de la Recherche scientifique et du Fond de Thèse m'ont permis de mener à bien ce travail et de le faire paraître.

A mon maître, le Professeur Marcel Thoral, à la mémoire de mes parents dont la perte m'a récemment frappé, je fais hommage de ce modeste mémoire, en témoignage de reconnaissance et de souvenir.

INTRODUCTION

Le Massif Central français est un vaste socle cristallin et cristallophyllien, partiellement recouvert par des roches sédimentaires variées : le Paléozoïque ancien, du Cambrien au Dinantien, occupe, au N, une certaine place et contribue largement, au S, à former l'ossature de la Montagne Noire ; le Houiller s'est déposé, soit sur ce Primaire ancien, soit sur un fond cristallin, dans un certain nombre de cuvettes limniques d'importance variable ; le Permien affleure, d'une part vers le Morvan, Autun et Blanzky, d'autre part au voisinage de la Montagne Noire ; les terrains secondaires, si développés dans les Causses, longent au SE les Cévennes et se retrouvent entre le Morvan et la Saône, pris souvent dans un réseau d'accidents. A l'E, ces derniers font apparaître le Tertiaire de la plaine d'Alès, la molasse du Dauphiné, le Pliocène bressan.

Grâce à la diversité des roches, aux nombreux bassins houillers, objets de travaux et de monographies détaillées, qui la jalonnent, la bordure orientale du Massif Central est un champs d'élection pour l'étude des différents mouvements du sol. Cependant, les géologues sont loin d'être unanimes quant à l'âge et à l'importance des diverses phases orogéniques. Delafond voyait entre Houiller et Trias trois discordances ; Termier et G. Friedel niaient, à Blanzky, la première, en démontrant la continuité entre Permien inférieur et Houiller ; ils plaçaient à la fin de l'Autunien, précédant le dépôt des grès rouges, la tectonique majeure ; dans le Gard, ils accordaient aux mouvements alpins un rôle prépondérant, aujourd'hui fort discuté.

Comparer entre eux les résultats déjà acquis, les compléter par de nouvelles recherches et de récents documents ; faire le départ entre les caractères particuliers de structure locale et les lois générales qui déterminent la tectonique d'ensemble, « voir un bassin à la lumière des autres », tel est le but que nous nous efforcerons d'atteindre, imparfaitement sans doute, dans ce présent travail.

CHAPITRE I

Pétrographie et Paléontologie houillère

PETROGRAPHIE HOUILLÈRE

Caractères généraux des dépôts

Dans le Massif Central, les formations houillères sont entièrement continentales, constituées à partir de sédiments lacustres, fluviaux ou torrentiels, quelquefois éoliens ou détritiques.

On se représente le pays carbonifère comme une aire émergée dont les dépressions étaient occupées par les lacs. A ces lacs aboutissaient de nombreux cours d'eau d'importance, de régime et de débit variable, tandis que sur les rives se dressait la végétation dont nous retrouvons trace au toit des veines. Ces rivières étaient les principaux agents de transport des matériaux, empruntés aux massifs avoisinants démantelés peu à peu par l'érosion ; la texture des roches dépend dans une large mesure des actions mécaniques subies durant le transport et la mise en place. Ultérieurement peuvent intervenir des remaniements et des altérations dues à des exondations momentanées, à l'érosion, aux phénomènes chimiques.

Les principales roches

Les roches autres que la houille sont presque exclusivement siliceuses :

Les brèches de base sont formées d'éléments parfois énormes de la roche encaissante, mêlés d'éléments plus petits, le tout cimenté par un grès ; elles représentent des éboulis immédiatement antérieurs au début de la sédimentation, protégés et agglomérés par elle. Leur répartition est irrégulière, comme l'est celle des éboulis le long d'un relief ; épaisses par endroits, elles manquent ailleurs. Leur présence indique que le Carbonifère repose normalement sur son substratum.

Les conglomérats sont fréquents. Les roches hétérogènes, friables, facilement destructibles, ne subsistent dans les galets qu'à proximité de leur origine ; si le transport devient plus important, le gneiss et le granite dominant avec le quartz qui, finalement, reste seul visible.

Les grès et arkoses, souvent pétris de débris végétaux et de particules charbonneuses, forment de nombreux et importants niveaux ; ils sont plus ou moins grossiers selon le degré de dissociation de leurs constituants.

Les schistes ne laissent plus voir à l'œil nu leurs éléments qui deviennent parfois extrêmement fins, en particulier dans les schistes bitumineux, considérés comme dépôts d'eau calme ; ils renferment, en raison de la ténuité de leur grain, des fossiles végétaux souvent bien conservés.

Les argiles sont rares, en général en bancs minces, parfois colorés, que leur continuité permet d'utiliser comme repères dans un faisceau de couches. Exceptionnellement, elles constituent une grande partie des assises du bassin de Sainte-Foy-l'Argentière ; mais l'âge stéphanien de ces dernières n'est pas absolument prouvé.

En plus de cet énorme paquet de roches siliceuses qui forment le fond du terrain houiller, on connaît quelques bancs calcaires, accompagnant souvent des

schistes bitumineux, et, dans certains bassins (Graissessac), des brèches et conglomérats à galets calcaires empruntés au Paléozoïque du socle.

On distinguera dans les bassins houillers deux types extrêmes de faciès :

a) un *faciès de bordure*, correspondant à la fois à une agitation relativement grande des eaux, à un faible transport de tout ou partie des éléments : les roches grossières dominant, les conglomérats montrent des galets de micaschiste ou autres constituants peu résistants ; de nombreuses paillettes de mica se voient dans les grès et les schistes, donnant à ceux-ci un aspect satiné caractéristique.

b) un *faciès propre aux régions éloignées du littoral* ; dans l'ensemble, les eaux sont peu agitées, le transport plus important. Là se rencontrent schistes et grès blancs, et, de temps à autre, des « grattes », conglomérats à galets de quartz arrondis de 10 à 15 mm. Les micas ne sont plus visibles à l'œil nu.

En se dirigeant du bord vers le centre d'une cuvette limnique, ou en examinant les terrains recoupés par une verticale ascendante, on observe tous les types intermédiaires entre le premier et le second de ces faciès, avec, bien entendu, des écarts passagers plus ou moins grands dus à l'instabilité du régime des eaux dans un cycle continental.

Interstratifiées dans ces formations schisto-gréseuses, les couches de houille ont pris naissance à partir d'amas végétaux ; au mur, on trouve fréquemment des racines ou des radicelles dans leur position naturelle, au milieu d'un sol qui se délitte en mottes irrégulières ; au toit, des bancs schisteux à fossiles végétaux. Il n'est pas rare cependant, de voir des grès surmonter directement la houille, souvent tapissés d'empreintes de sigillaires.

L'apparition de veines de houille au milieu d'assises stériles d'épaisseur très variable est expliquée par des mouvements de subsidence provoquant des oscillations du niveau des eaux ; nous prions le lecteur de bien vouloir se reporter, pour cette question, aux travaux de M. Pruvost et de ses collaborateurs, ainsi qu'au chapitre VII de ce travail.

Valeur des repères pétrographiques dans une série houillère

Nous distinguerons :

des *repères de faciès* : tels, par exemple, les poudingues à micaschiste. Ils sont utilisables pour distinguer localement deux niveaux mis en contact par un accident. Mais on ne doit à aucun prix (comme cela s'est fait souvent) généraliser sans contrôle et considérer un faciès comme caractérisant une assise dans l'ensemble du bassin ; car ce faciès se modifie insensiblement lorsqu'on s'éloigne ou se rapproche du bord ou du centre de la cuvette primitive.

des *repères de forme* : telle la succession de plusieurs veines de distance et d'épaisseur connues. Ils sont essentiellement utilisés par les exploitants et présentent une certaine valeur s'ils sont suffisamment nets ; ils conduisent néanmoins à de fréquentes erreurs.

des *singularités pétrographiques* : bancs d'argile colorée, schistes bitumineux, etc. Ce sont les plus précis, mais leur étendue est souvent limitée.

Pétrographie des terrains de couverture

LE PERMIEN.

Les roches constituant la base des terrains permien ont un aspect en général peu différent de celles du Houiller. Ce sont des grès et des schistes, souvent bitumineux et accompagnés de bancs de calcaire noir, des poudingues à éléments locaux.

Au sommet de l'étage domine le faciès des *grès rouges*, énorme accumulation de terrain grossier et rubéfié sans fossile avec minces intercalations de marne noire, verte ou blanche.

Entre deux, des couches de transition constituées, soit par des grès et marnes versicolores (Graissessac), soit par des arkoses (Blanzly).

LE TRIAS.

Les formations triasiques sont bien développées dans le Gard, où elles atteignent 200 à 300 m :

la base est entièrement gréseuse,

le *Trias moyen* ou *Muschelkalk* est calcaire et dolomitique, avec passées de marne noire et de sable,

le *Trias supérieur* ou *Keuper* montre une alternance de marnes bariolées et de bancs calcaires avec quelques arkoses.

Dans la région de Blanzly et d'Autun, le Trias paraît plus réduit et ne dépasse guère 80 m.

JURASSIQUE.

Le *Rhétien*, sauf en quelques points tels que Perrecy, l'W de Montceau-les-Mines, est souvent réduit ou même absent.

Il est d'ordinaire gréseux ou légèrement marneux.

L'*Hettangien* est bien développé dans le Gard, sous forme de calcaires et dolomiés, plus réduit ailleurs.

Nous n'aurons que peu d'occasions par la suite, de traiter en détail de terrains plus récents ; le lecteur voudra bien se reporter aux descriptions parues dans les ouvrages spécialisés ainsi qu'aux notices explicatives des feuilles de Charolles, Autun, Chalon, Lyon, St-Etienne, Alès et Bédarieux de la Carte géologique de France au 1/80.000.

PALEONTOLOGIE HOUILLERE

De nombreux spécialistes ont étudié la flore des bassins houillers du Massif Central, dont Brongnart, Grand'Eury, Zeiller, Renault, Paul Bertrand, Corsin. Les caractères des espèces végétales sont, dans leurs notes et mémoires, décrits et figurés avec détails. Nous nous bornerons ici à rappeler brièvement la valeur stratigraphique et la répartition des principales d'entre elles.

Les *Mixoneura* du type *flexuosa* G.E., localisés à la base du terrain houiller de Graissessac, du Gard, de St-Etienne, peuvent être considérés comme une réminiscence du Westphalien. La forme *neuropteroides* Goepp. est fréquente dans tout le bassin de Graissessac et présente à St-Etienne jusque dans le Stéphanien supérieur (18).

Le groupe des *Pécoptéridées* comprend de nombreuses formes dont les plus remarquables sont :

P. lamurensis Heer, du Stéphanien inférieur, qui persiste après extinction de *Mixoneura flexuosa* G.E.,

P. arborescens Schl. espèce de Rive-de-Gier qui monte dans l'étage de St-Etienne,

P. polymorpha Br., ubiquiste, mais qui présente à certains niveaux des maxima d'abondance tels qu'il masque complètement les autres espèces,

P. feminaeformis Schl., apparaissant au sommet du Stéphanien moyen.

P. unita Br., *P. pluckneti* Schl., sans grand intérêt stratigraphique.

P. platoni G. E., *P. bioti* Br., de la moitié supérieure du Stéphanien.

P. dentata Br., espèce de Rive-de-Gier,

P. oreopteridia Schl. espèce de St-Etienne,

les *Pecopteris* cyathéoides, présents un peu partout, plus rares vers la base du Stéphanien,

P. elaverica Zeiller, *P. monyi* Zeiller, des niveaux élevés du Stéphanien, etc.

Les *Aleopteris* sont principalement représentés par *A. grandini* Br., rare dans la moitié inférieure du Stéphanien.

Parmi les *Neuropteris*, le plus fréquent, dans les bassins étudiés, serait *N. cordata* Br. *N. planchardi* Zeiller, apparaît après le Stéphanien moyen.

Linopteris neuropteroides Gutb. ne semble guère franchir l'étage de Rive-de-Gier. *L. germari* Giebert, *L. brongnarti* Gutb., le remplacent dans celui de Saint-Etienne.

Parmi les *Sphenopteris*, il faut citer *S. cristata* Br. *Zygopteris erosa* White, ne dépasse pas la zone à *Pecopteris lamurensis* Heer.

Les *Odontopteris* sont fréquents : *O. reichi* Gutbier se trouve déjà associé à *P. lamurensis* à St-Jean-de-Valériscl. Il évolue au Stéphanien supérieur vers la forme *minor*. Dans la moitié supérieure du Stéphanien se développent *O. brardi* Br., *O. genuina* Br., *O. obtusa* Br. (18).

Callipteridium pteridium Schl. accompagne déjà, dans le Gard, *Mixoneura flexuosa* G.E. et se retrouve un peu partout, dans les couches du bassin de Blanzzy notamment *Callipteridium gigas* Gutb., semble plus tardive.

Les *Sphenophyllum* sont plus particulièrement représentés, dans l'étage de Rive-de-Gier, par *S. emarginatum* Br., *S. majus* Br. Plus tard apparaissent *S. thoni* Mahr, *S. oblongifolium* Germar, *S. longifolium* Germar.

Les *sigillaires cannelées*, parmi lesquelles *S. tessellata* Br., *S. deutschii* Br., forment de beaux niveaux dans l'étage de Rive-de-Gier; elles deviennent plus rares au milieu du Stéphanien, tandis que persiste *S. brardi* Br.

On récolte *Lepidodendron rimosum* Sternb jusqu'au Stéphanien moyen, *Asolanus camptotaenia* Wood, assez fréquent dans les niveaux inférieurs, est parfois signalée plus haut.

Les *Cordaites* ne sont guère représentées dans l'étage de Rive-de-Gier que par le type *Dorycordaites*, le type *lingulatus* G. E. ne devenant commun que dans l'assise de St-Etienne.

Trois genres enfin ne prennent leur plein développement qu'au Permien et possèdent par là une grande valeur stratigraphique :

Le genre *Lebachia* (dont l'ancien nom de Walchia est couramment utilisé) avec les espèces *piniformis* Schl., *hypnoides* Br., *imbricata* Schimper, *filiciformis* Schl., etc. *Lebachia piniformis* apparaît bien au Stéphanien moyen (18), mais reste rare jusqu'au Permien.

Le genre *Taeniopteris*, avec *T. jejuna* G. E. et *T. multinervis* Weiss, signalés dès le début du Stéphanien supérieur.

Le genre *Callipteris*, comprenant un certain nombre d'espèces dont *C. conferta* Sternb. est la plus commune, qui n'apparaît qu'au début du Permien.

Le Houiller du Massif Central renferme enfin une petite faune constituée :

de mollusques : *Unio*, *Anthracomya*,

de crustacés : *Estheria*, *Leaia*,

d'insectes,

de poissons.

Les bancs à écailles de poissons, à restes de crustacés ou de mollusques sont souvent de bons repères.

CHAPITRE II

Bassin houiller du Gard**GENERALITES**

Adossé au versant oriental des Cévennes cristallines, le terrain houiller du Gard s'étend depuis Banne, commune du département de l'Ardèche, au N, jusqu'au S d'Alès. Il s'enfonce à l'E sous les morts terrains; de ce côté, les recherches n'avaient guère dépassé une ligne St-Paul-le-Jeune - Gagnières - St-Ambroix - Alès, ligne que l'on pouvait prendre comme limite orientale du bassin, dont la superficie était voisine de 200 km². Récemment, un sondage fait à Lussan a montré que les assises carbonifères se poursuivaient en profondeur sensiblement au delà de cette limite.

La région est montagneuse, partiellement couverte de forêts de conifères, de châtaigniers et de garrigues : trois vallées, vallées de la Cèze, de l'Auzonnet et du Gardon, parallèlement orientées E-W, drainent vers la plaine d'Alès la vie économique. Cette orographie a déterminé la position des principaux centres autour desquels se sont créés ou développées les agglomérations : Bessèges, Molières, Gagnières, Rochessadoule sur la Cèze ou ses affluents; le Martinet, St-Florent, St-Jean-de-Valérisle sur l'Auzonnet; Trescol, Le Pontil, La Vernarède, la Grand'Combe sur le cours supérieur du Gardon ou ses affluents : Rochebelle, St-Martin-de-Valgalgues sur le cours inférieur ou en bordure de la plaine d'Alès.

Le *bassin du Gard* se trouve profondément échancré, entre l'Auzonnet et le Gardon, par un promontoir du Rouvergue qui paraît se poursuivre en anticlinal sous les morts terrains. On réserve plus particulièrement le nom de *bassin de Bessèges* à l'ensemble des gisements placés au NE et à l'E de cet éperon tandis que l'on distingue, à l'W de celui-ci le *bassin de la Grand'Combe*, et, au S, séparé du précédent par une zone inexploitée, le *bassin de Rochebelle*. A ces divisions naturelles, l'administration des Houillères a fait correspondre, lors de la réorganisation des mines, trois groupes autonomes, les groupes *nord*, *centre* et *sud*, à l'intérieur desquels se réalise une concentration en un ou deux gros sièges d'extraction.

En 1951, la production charbonnière fut de 2.566.000 tonnes ainsi réparties :

groupe nord : 745.000 tonnes,
groupe centre : 1.170.000 tonnes,
groupe sud : 651.000 tonnes.

ASPECT D'ENSEMBLE DU BASSIN DU GARD

Le bassin du Gard est morcelé, par l'effet d'une tectonique complexe, en une série de lambeaux de dimensions variables, sans liaison apparente entre eux. Aussi croyons-nous indispensable dès le début de ce travail, de fixer la position et les grands traits des principaux gisements que nous examinerons par la suite.

Bassin de Bessèges

La carte géologique (feuille Alès 2^{me} éd.) montre le Houiller affleurant le long du Rouvergue en une bande allongée du N au S, large de 4 km en moyenne au N de Bessèges, de 1 km entre Bessèges et le Martinet, et formant d'autre part, au milieu des terrains secondaires, deux îlots, l'un à Molières-les-Brousses, l'autre à St-Jean-de-Valériscle. Nous distinguerons les principales unités suivantes :

1°) Contre le Rouvergue, une formation marquée « h 2 » sur la carte géologique, en repos normal sur les micaschistes ; les assises d'*Arcas-Feljas*.

Celles-ci, au N de la Cèze, renferment plusieurs petits gisements en forme de synclinaux étroits, actuellement épuisés ; les Pilhes, Garde Giralde, la Crouzille, Cros-Combelongue, les Vigès, les Figerettes, quelques autres de moindre importance encore.

Au S de la Cèze furent exploités, à Bessèges, Rochessadoules, Tréllys, les couches de l'*Arcas* et du *Feljas*.

2°) Au S de Bessèges, une bande étroite marquée « h 1 c » sur la carte géologique, de structure plus complexe que ne l'indique cette dernière, comprenant :

- a) le faisceau de Bessèges supérieur ou Arbousset supérieur,
- b) le faisceau de Bessèges inférieur ou Arbousset inférieur,
- c) les faisceaux de Crouzoul et « du puits », connus seulement au voisinage du Martinet.

3°) Bordant à l'E les précédentes assises, la formation des schistes stériles de Gagnières, qui, suivie sans interruption en affleurement de Banne à Bessèges, est à la base de l'assise notée « h 1 a » sur la carte géologique.

Tous les travaux effectués sous le Trias entre Bessèges et le Martinet les ont d'autre part recoupés. Ils semblent totalement stériles ; de petits gisements, tels ceux du *Souterrain* (faussement attribué à la zone d'*Arcas Feljas*) et de Doulovy, existent entre eux et les précédentes assises.

4°) Reposant sur ces schistes de Gagnières, des niveaux productifs appartenant à la partie supérieure de l'horizon « h 1 a » ainsi qu'à un nouvel horizon « h 1 c » sans relation avec celui que l'on connaît au S de Bessèges, et affleurant à Molières-les-Brousses et à St-Jean. Ils forment :

- a) A Gagnières, au N de la Cèze, les gisements des *demi-gras de Gagnières*.
- b) A Molières, St-Florent et St-Jean, au S de la Cèze, un énorme paquet de Houiller productif renfermant :
 - le faisceau des anthracites de Molières-St-Florent,
 - le faisceau de St-Jean inférieur,
 - le faisceau de St-Jean supérieur.

5°) Sous le stérile de Gagnières et le faisceau des demi-gras, à Gagnières même, un *faisceau des anthracites de Gagnières* présentant une flore plus jeune que celle des terrains qui lui sont superposés, apparentée à celle de l'Arcas-Feljas.

En gros, il est possible, dans le bassin de Bessèges, de distinguer, de l'W à l'E, 3 zones :

une zone occidentale, de structure complexe,

— une médiane, stérile en affleurement, peu explorée en profondeur et uniquement par quelques travers-bancs qui tous ont traversé une grande épaisseur de *schistes de Gagnières*,

— une orientale, plus régulière, qui s'étend de Gagnières à Molières, St-Florent et St-Jean.

Bassin de la Grand'Combe

Le Houiller affleure au N de la Grand'Combe, et le long de l'éperon cristallin du Rouvergue ; il forme, au Mas Dieu, un petit îlot au milieu du Trias. Nous distinguerons :

1°) Une formation occupant la majeure partie du vaste golfe qui s'étend de la Grand'Combe à la Vernarède, et qui, tout comme les assises d'Arcas Feljas, est en repos normal sur les micaschistes, notée « h 2 » sur la carte géologique. Cette puissante série comprend :

— A la base, l'*horizon de Ricard*, avec le faisceau des *anthracites de Ricard*, surmonté d'épais niveaux stériles dits « *stériles de Ricard* ».

— Plusieurs centaines de mètres de Houiller productif, constituant les *horizons de Grand Baume* et de *Champclauson*, renfermant un certain nombre de veines disposées en cuvette, d'où le nom de *cuvette de Portes-la-Vernarède* souvent donné à cette région.

2°) A l'E d'un accident le long duquel les couches de l'horizon de Grand Baume se relèvent en un dressant dit *dressant de Malpertus*, une zone où la structure devient plus complexe :

a) Le long du Rouvergue se poursuit la formation « h2 », suivie sous le Trias jusqu'aux puits des Oules, sur les bords du Gardon, où l'on exploite des couches rattachées à l'horizon de Ricard.

b) un triangle marqué « h1b » superposé à cette dernière : c'est l'*assise de la Montagne Ste-Barbe*, recouverte au S par le Trias, mais qui ne paraît pas se prolonger très loin sous les terrains secondaires.

c) sous les terrains secondaires enfin, et partiellement sous l'assise de la Montagne Ste-Barbe se place le *faisceau de Laval*, considéré comme contemporain de celui de Bessèges-Arbousset supérieur.

3°) L'extrémité orientale du bassin de la Grand-Combe, occupée par des niveaux marqués « h 1 a » et assimilés à ceux de Gagnières, plissés et tourmentés, qui affleurent également à l'îlot du Mas Dieu.

Bassin de Rochebelle

Au S d'une ligne allant des Salles du Gardon au Mas Dieu, une vaste région, entièrement recouverte par les morts terrains fut explorée par un certain nombre de sondages dont la plupart sont pratiquement stériles. Il faut aller jusqu'aux environs d'Alès pour voir à nouveau affleurer le Carbonifère, en une étroite bande limitée à l'E par un important accident dit *faille des Cévennes*.

A l'extrémité N de ce gisement, les mines de St-Martin-de-Valgalgues exploitent le faisceau de St-Martin. Plus au S, de part et d'autre du Gardon, à Fontanes et Rochebelle, se trouvent les travaux des mines de Rochebelle, exécutés sur les faisceaux de *Cendras*, de *Rochebelle ancien* et de *Rochebelle nouveau*. A St-Germain-les-Alès se voient encore des vestiges d'anciens puits abandonnés, dans le *faisceau du Bois-commun*.

Enfin, des affleurements houillers restreints et sans grand intérêt pratique sont à signaler :

— le long de la bordure cristalline entre les bassins de Rochebelle et de la Grand'Combe (Malataverne).

— dans les micaschistes (îlots d'Olympie, du Gouffre noir).

Tel est, brièvement décrit et faisant abstraction de toute hypothèse géologique, l'aspect de l'ensemble du bassin du Gard, dont nous allons maintenant étudier la structure.

RESULTATS DES ETUDES PRECEDENTES

L'historique général de l'ouvrage de G. Livet (40, p. 128-131) résume les travaux faits depuis 1841 sur le bassin du Gard, notamment par Dufrenoy et Elie de Beaumont (28), E. Dumas (29), J. Gallon (16), Grand'Eury (36), Marcel Bertrand (5), J. B. Marsaut (54). G. Livet reprend ensuite, dans un remarquable exposé, les résultats des études effectuées entre 1918 et 1924 par P. Termier, G. Friedel et P. Bertrand (69,9), les développe et les complète par de nombreux documents miniers. MM. Pruvost et Corsin, dans une récente communication à l'Académie des Sciences, (61) modifient enfin quelque peu les conclusions de P. Bertrand en rattachant au Stéphanien la base du terrain houiller du Gard, attribuée par ce dernier auteur au Westphalien D.

Voici où en étaient les choses au début de notre travail :

— *Le terrain houiller du Gard se trouvait divisé en 7 zones floristiques* (G. Livet distingue même une 8^{me} zone au mont Châtenet), numérotées 1 à 7 de bas en haut.

— Les zones 5, 6 et 7, correspondant le long du Rouvergue, et dans la cuvette de Portes-la-Vernarède, aux assises de Feljas-Arcas, aux horizons de Ricard, Grand-Baume et Champclauson, *reposant sur les micaschistes par l'intermédiaire de brèches de base, donc autochtones, formaient au-dessus du socle un manteau continu se prolongeant fort loin vers l'E, souvent considérablement réduit par rabotage.*

— *sur ce terrain houiller autochtone se plaçaient un certain nombre d'écaillés charriées, groupées par M. Livet en deux unités principales :*

une première comprenant les assises de Bessèges-Arbousset, de Laval, de la Montagne Ste-Barbe, de Rochebelle-St-Martin (zones 3 et 4).

une seconde, plus vaste, renfermant les schistes stériles de Gagnières (zone 1), les couches grasses de Gagnières (zone 2), et l'énorme paquet de terrain houiller qui, superposé aux schistes de Gagnières, s'étend de Molières à St-Florent et St-Jean (faisceau des anthracites de Molières-St-Florent, assises de St-Jean inférieur et de St-Jean supérieur).

Les *crochons* que l'on voit en de nombreux endroits, et particulièrement au « Dressant de Malpertus », seraient des entraînements dus aux cheminements de masses charriées, autre preuve de la réalité de tels charriages.

— P. Termier, croyant observer dans les formations secondaires des phénomènes de laminage, une certaine identité de structure entre le Carbonifère et les morts-terrains, *concluait à l'âge tertiaire des charriages du Gard* (67) ; les terrains secondaires avaient même, en certains points, *raboté les assises houillères sous-jacentes*.

CRITIQUE DES PRECEDENTES OPINIONS : MODIFICATIONS ET FAITS NOUVEAUX APPORTES

Edifiée sur les bases d'une étude floristique poussée, l'architecture stratigraphique du bassin du Gard apparait dans son ensemble comme une œuvre magistrale ; nous n'aurons que rarement l'occasion de modifier le classement des principaux faisceaux.

On ne saurait en dire autant pour ce qui concerne la tectonique :

— L'existence de charriages tertiaires est actuellement difficilement admissible,

— les crochons visibles dans les couches, qui démontreraient la réalité des entraînements et rabotages, représentent, ainsi qu'il sera démontré plus loin, des charnières de plis.

— La présence, contre le socle et loin vers l'E, affirmée sur le vu d'un faciès grossier au fond des sondages, d'une lame de zone 5 réduite par rabotage, autochtone, est peu vraisemblable ; de ce fait, rien n'autorise plus, sans autre preuve, à préjuger de déplacements horizontaux très importants des masses charriées.

— Si ces déplacements horizontaux sont d'amplitude réduite, il doit être possible de préciser leur mécanisme, ainsi que les relations des différentes écaillés entre elles ; alors que celles-ci étaient, le plus souvent, limitées sur les coupes par des surfaces de forme quelconque.

— Le socle, enfin, ne participe pas, si l'on en croit Termier et ses disciples (40, p. 134 à 138), aux déformations et aux mouvements tangentiels du terrain houiller ; ceci n'est nullement prouvé, en contradiction par ailleurs avec un certain nombre d'observations.

Voici les quelques faits mis en évidence tant par nos recherches que par les travaux miniers et sondages récents :

Les principaux mouvements qui ont affecté les assises carbonifères, formées au cours d'une transgression orientée de l'E vers l'W, sont antétriasiques. Ils furent engendrés par des forces dont les composantes horizontales ont pour résultante une poussée de l'E vers l'W. On observe tous les intermédiaires entre le pli simplement déversé et le pli-faille avec charriage de quelques kilomètres. Ceux-ci ont pris naissance progressivement et successivement ; les plus récents apparaissent souvent après érosion partielle des plus anciens. Leur amplitude est variable le long d'un même méridien : certain plis-failles qui, en une région du bassin, sont à l'origine d'un déplacement horizontal notable, s'amortissent, passent au pli simplement déversé ou se divisent en une série de petits charriages locaux : d'autres, à ce moment, les relayent, de telle sorte que, dans l'ensemble, le rétrécissement du bassin qu'ils provoquent est à peu près constant (1). Les crochons ne sont autre chose qu'un témoin de la charnière du pli dont le flanc inverse a disparu par laminage (2). Sur les nappes déjà formées, et, sans

(1) Phénomène comparable au relai de plusieurs failles dans un réseau d'accidents.

(2) Lorsque le pli faille s'amortit et passe à un pli déversé, les crochons viennent se raccorder avec le flanc inverse.

doute, au cours de paroxysmes orogéniques postérieurs (quoique toujours antérieurs au Trias) apparaissent de nouveaux mouvements de même style qui compliquent encore la structure. Le résultat est une série d'écaillage complexes, d'amplitude variable et limitée, au travers desquels il est possible de distinguer quelques unités plus importantes, que nous nommerons dans la suite plis de Bessèges, Gagnières, Ste-Barbe, Laval, etc. Les déformations du socle, enfin, sont comparables à celles du terrain houiller.

D'autres plis et accidents de structure beaucoup plus simple, orientés SSW-NW, postérieurs aux précédents mais n'affectant pas le Trias, sont encore visibles, au S de la vallée de l'Auzonnet par exemple.

La tectonique tertiaire est à l'origine de plis réguliers, à grand rayon de courbure, et de nombreux accidents, dont certains sont des failles inverses ou une série de petits écaillages ; mais ces derniers sont toujours orientés WNW-ESE, et ne sauraient être en relation avec les charriages houillers. En dehors de ces accidents locaux et d'amplitude très restreinte (quelques dizaines de mètres) jamais nous n'avons observé dans les séries secondaires de phénomènes de laminage ou d'étiement.

STRATIGRAPHIE DU BASSIN HOULLER DU GARD

Le socle

Le socle est presque partout constitué par des micaschistes que nous ne décrirons pas ici. Leur structure est certainement plus complexe encore que celle du Houiller puisque, déjà plissés dans une orogénèse antérieure, ils ont ensuite subi les mêmes contraintes que les terrains sédimentaires.

Dans le bassin de Bessèges, le socle, en raison de sa profondeur, ne fut que rarement touché par les travaux. Le sondage du *Souterrain*, exécuté près de la mine de même nom, a pénétré dans les micaschistes à 1.054 m. Le fond du puits *Pisani*, au Martinet, les atteint à 250 m de la surface, soit à la cote + 14 par rapport au niveau de la mer. Ce sont les deux seuls ouvrages ayant complètement traversé le terrain houiller de Bessèges (1).

Dans le bassin de la Grand'Combe le fond est mieux connu. Les micaschistes furent recoupés à la cote — 540 au puits n° 2 du *Gouffre* ; à — 382 au puits de *Oules* ; à — 294 au sondage de *Peyraube* ; à — 250 au sondage de *Laffoux*, tous ces travaux étant situés dans un rayon de moins de 3 km de la Grand'Combe.

Plus à l'E, les couches de Laval, celles du puits du Mas Dieu, ne sont guère éloignées du substratum, que les sondages du Mas Dieu, de la Moulinotte et de Laval ont respectivement touché aux cotes — 14, — 83 et — 53.

Plusieurs sondages enfin placés entre les gisements de la Grand'Combe et de Rochebelle, à Malbose, Rouvelong, aux Plantiers, à Drulhes, dans la vallée du Galeison, à Lacoste, à la Minette, furent arrêtés dans les micaschistes entre — 250 et — 850.

Dans le bassin de Rochebelle, les veines de houille les plus basses se trouvent à proximité du socle, dans lequel les travaux ont à plusieurs reprises pénétré tels le puits n° 1 de St-Martin (— 249), le sondage n° 3 de St-Martin (— 591), les puits de Fontanes (— 240), Destival (— 250), plusieurs travers-bancs.

Nulle part, dans le bassin du Gard, on ne connaît de Primaire daté antérieur au Carbonifère continental.

(1) Il est probable que le sondage du *Sanguinet*, à Molières, qui, à 1.700 m, touche des conglomérats à galets de micaschiste, ne s'est pas arrêté loin du socle mais il n'a pas pénétré dans les niveaux cristallophylliens.

Le terrain houiller

Comme dans la plupart des gisements du Massif Central, on rencontre ici :

des *brèches* à fragments de micaschistes,
des *conglomérats*, abondants à proximité des bordures, où ils renferment des galets de micaschiste de plusieurs centimètres : ailleurs, on ne connaît que d'assez rares bancs de « gratte » à galets de quartz.

des *grès* : grès blancs pétris de particules charbonneuses, grès micacés plus grossiers, etc.

des *schistes*, plus ou moins gréseux et micacés, parmi lesquels il convient de signaler les *schistes stériles de Gagnières* et les *schistes bitumineux de l'horizon de Grand'Baume*, que nous décrirons plus loin.

des *couches de houille*, nombreuses, dont la teneur en matières volatiles varie de 6 à 25 %.

Nous conserverons, pour classer les différents niveaux, l'échelle stratigraphique de Paul Bertrand fondée sur la distinction de 7 zones floristiques.

ZONE 1.

Enorme épaisseur de schistes fissiles, de texture très fine, noirs ou gris foncé, devenant jaune par altération, dits « schistes stériles de Gagnières », entrecoupés de grès blancs. Principaux fossiles : Estheria cebennensis G. E., pinnules isolées de Mixoneura flexuosa G.E.

BASSIN DE BESSEGES.

Cette formation affleure largement à l'E de Gagnières, depuis la Cèze jusqu'à l'extrémité N du bassin, ne montrant que de rares filets charbonneux ; d'où son nom d'étage « des schistes stériles de Gagnières » ou de « stérile de Gagnières » sous lequel on la désigne.

Le *puits du Malagra, entre Gagnières et Bessèges*, ouvert dans les schistes de Gagnières, les quitte à une profondeur de 400 m. Les coupes faites dans cette région permettent de leur attribuer là une épaisseur de 500 à 600 m. Le sondage du Sanguinet, à Molières, les recoupe entre 730 et 1.700 m de profondeur, soit sur près de 1.000 m. Si quelque accident ou pli mal connu ne vient fausser l'estimation, on doit penser que le stérile de Gagnières se développe de l'W vers l'E.

Dans la *vallée de l'Auzonnet*, la zone 1 est connue par quelques affleurements réduits et par les travaux.

On voit en effet près du hameau du Lauze quelques bancs de schiste à Estheries que l'on peut rapporter à la zone 1. Mais les travers bancs reliant le Martinet à St-Florent ont traversé le stérile de Gagnières sur 800 m. Compte tenu d'un assez fort pendage, la puissance de l'étage serait ici de 700 m. Enfin le sondage de Panissières, dans la vallée de l'Avène, au S de St-Jean, entre à 827 m dans les schistes à Estheries, dans lesquels il s'arrête à 1.268 m.

BASSINS DE LA GRAND'COMBE ET DE ROCHEBELLE.

Des assises analogues ne sont connues que dans la partie orientale du gisement de la Grand'Combe, au *Mas Dieu*, ainsi que dans le sondage de la Minette, qui les traverse sur 300 m avant d'atteindre le socle. Elles manquent au sondage de Drulhes, où la zone 2 repose sur les micaschistes.

ZONE 2.

Ensemble de schistes et de grès blancs avec couches de houille et quelques niveaux montrant un faciès récurrent de Gagnières renfermant des Estheries.

Principaux fossiles : Mixoneura flexuosa G. E. associé à Pecopteris lamurensis Heer, le second remplaçant progressivement le premier

lorsqu'on monte dans la série; *Pecopteris arborescens* Schl., *P. polymorpha* Br., *pluckeneti* Schl., *P. unita* Br., *Sphenophyllum majus* Br., *Lepidodendron* cf. *rimosum* Sternb., sigillaires cannelées, *Callipteridium* cf. *pteridium* Schl. Pas de *Mariopteris*, ce qui conduit MM. Pruvost et Corsin à placer les zones 1 et 2 au début du Stéphanien (61) et non au Westphalien D comme le voulait P. Bertrand (9).

BASSIN DE BESSEGES.

Les principaux gisements de zone 2 sont :

- le gîte du Mazel au N du bassin,
 - le faisceau des demi gras de Gagnières qui comprend au moins 12 couches: couches 1 à 8 (numérotées de haut en bas), couches des Bouziges, couches B, D, E.
 - le faisceau des anthracites de Molières St-Florent, renfermant 11 veines numérotées I à XI de bas en haut, épais de 400 m.
- Ces trois gisements reposent normalement sur le stérile de Gagnières.
- la couche Doulovy et le synclinal du Souterrain, au N de Bessèges, à flore de *Mixoneura*, en position anormale sur le Stéphanien moyen.
 - les faisceau du puits et de Crouzoul au Martinet, ainsi que la couche des Esteyraings, qui paraissent reposer sur les micaschistes et apparemment au mur d'une formation de zone 1.
 - le faisceau du Mercoirol, le long du Rouvergue qui pénètre dans le gisement de la Grand'Combe.

Le sondage de Panissières a recoupé sur 330 m environ la zone 2, reposant sur le stérile de Gagnières.

BASSINS DE LA GRAND'COMBE ET DE ROCHEBELLE.

On rattache à la zone 2 :

- la partie méridionale du faisceau du Mercoirol,
- la base de la Montagne Ste-Barbe, en contact anormal sur les zones 5 et 4.
- une partie au moins de l'îlot du Mas Dieu,
- un petit lambeau vers le puits de St-Germain, au S d'Alès.

Le sondage de Drulhes recoupe la zone 2 entre — 534 m et — 850 m, le sondage de la Minette entre — 377 m (base du Trias) et — 500 m.

ZONE 3.

Ensemble de schistes et de grès fins.

Principaux fossiles : *Pecopteris lamurensis* Heer, subsistant après extinction de *Mixoneura flexuosa* G. E. : *Pecopteris polymorpha* Br., se multipliant au point de dominer toutes les autres espèces : *Pecopteris arborescens* Schl., *P. unita* Br., *P. pluckeneti* Schl., *P. dentata* Br., *Lepidodendron* cf. *rimosum* Sternb., *Callipteridium pteridium* Schl., *Odontopteris reichi* Gutb., de nombreuses sigillaires cannelées du type *tessellata* Br., *deutschii* Br. : *Zygopteris erosa* White, *Asolanus camptotaenia* Wood, *Sphenophyllum longifolium* Germar, *S. oblongifolium* Germar, *S. majus* Br., crustacés du genre *Leaia* ou *Estheria*, valves d'*Anthracomya*, formant des niveaux repères.

BASSIN DE BESSEGES.

Renferment la flore de zone 3 :

- le faisceau de Bessèges ou de l'Arbousset inférieur (300 m) entre Bessèges et le Martinet, en position anormale sur l'assise de Feljas-Arcas de zone 5.
- 5 couches y sont exploitées, nommées, de bas en haut :

St-Pierre, St-Adèle, n° 1, n° 2, n° 3,

- le faisceau de St-Jean inférieur, énorme série de 1.200 m d'épaisseur qui affleure à Molières et St-Jean, et renferme de nombreuses couches ; soit, de bas en haut :

couches XII à XVIII.
couches 16 à 10,
couches St-Pierre, St-Jean, St-Ferdinand, St-Hubert, Ste-Mathilde, Ste-Clémentine, Gravoulet, St-Alfred.

BASSIN DE LA GRAND'COMBE.

On doit rattacher à la zone 3 :

— le faisceau de la Montagne Ste-Barbe, renfermant (de bas en haut) :
couches Sans-nom, Le Pin, Airolle, Cantelade, Velours, Baraque, Portail, Plomb, Bosquet, Ste-Barbe et Anonyme.

BASSIN DE ROCHEBELLE.

La plus grande partie au moins du gisement de Rochebelle, tel qu'il est connu tant par les travaux que par les sondages avoisinants, doit être classé en zone 3.

ZONE 4.

Ensemble de schistes et de grès.

Principaux fossiles : beaucoup d'espèces de zone 3 : *Pecopteris polymorpha* Br. abondant, *dentata* Br., *Asolanus camptotaenia* Wood, *Zygopteris erosa* White, sigillaires cannelées, etc. Se distingue de la zone 3 par l'extinction de *Pecopteris lamurensis* Heer et l'apparition d'*Alethopteris grandini* Br. Ces deux dernières espèces coexistent au début de la zone 4, mais ne se mélangent jamais ; le remplacement de l'une par l'autre se fait par une série de récurrences ; la première reste cantonnée dans certains niveaux situés en général au mur des couches, tandis que la seconde abonde au toit. Ce phénomène se trouvait déjà consigné par P. Bertrand (notes inédites) : plaçant par définition la base de la zone 4 au premier lit à *Alethopteris* (toit de la couche Pommier), il notait, 150 m plus haut, le dernier banc à *P. lamurensis* au mur de la veine Remise ; nous avons personnellement récolté cette dernière espèce un peu plus haut encore, à quelques mètres de la couche Michel.

Cordaïtes lingulatus G. E. demeure encore rare : *Odontopteris reichi* Gutbier, *Linopteris neuropteroides* Goepp., *Neuropteris cordata* Br. sont assez fréquents : les *Sphenophyllum* appartiennent toujours aux types *majus* Br., *longifolium* Germar, *oblongifolium* Germar.

BASSIN DE BESSEGES.

On rattache à la zone 4 :

— le faisceau de Bessèges et de l'Arbousset supérieur, qui affleure de Bessèges au Martinet, reposant, soit sur des terrains de zone 4, soit en superposition anormale sur l'assise d'Arcas Feljas de zone 5. Il renferme : (de bas en haut) (1).

les couches St-Charles, St-Denis, St-Félix, Ste-Barbe, St-Auguste, St-Emile, Ste-Mathéa, St-Yllide, n° 11, n° 12 et « du Trias ». L'ensemble occupe environ 200 m.

— le faisceau de St-Jean supérieur, qui affleure à St-Jean, reposant sur les terrains de zone 3. Il occupe 300 m en verticale et comprend :

les couches Pommier (en 2 bancs), Fuzide, du Puits, Remise, Michel, Monfrin, n° 3, n° 2, supérieure, et quelques veines non identifiées au-dessus de la couche supérieure.

BASSIN DE LA GRAND'COMBE.

La flore à *Alethopteris grandini* Br., et *Pecopteris lamurensis* Heer., s'observe :

— dans le faisceau de Laval, qui affleure sur une étendue très restreinte

(1) Il n'est pas certain que ces couches, quoique portant le même nom, se correspondent rigoureusement dans les travaux de Bessèges, Rochessadoulet et Tréllys.

non loin du Mas de l'Antoinette, au S de l'éperon cristallin du Rouvergue, et se trouve au contact du socle. Ce gisement, d'une importance limitée, comprend :

les couches des Fourches, Grenier, Antoinette, Sondage, « de lm », Mas Dieu, A. B. et « de Laval ».

BASSIN DE ROCHEBELLE.

Nous avons vu que la plus grande partie du gisement de Rochebelle était classée en zone 3 : cependant, M. Bucklès, ingénieur-géologue à la Grand'Combe, a remarqué des analogies entre les formations de Rochebelle et de Laval (présence de tonstein et d'une couche à insectes) et récolté dans la carrière de Fontanes, près du puits de même nom, un échantillon d'*Alethopteris* cf. *grandini* Br. : nous croyons donc préférable, pour le moment, de considérer le gisement de Rochebelle-St-Martin comme une série compréhensive représentant les zones 3 et 4 ; la distinction entre celles-ci présentant d'ailleurs à Rochebelle un moindre intérêt.

On connaît, dans le bassin de Rochebelle :

— au N, le *faisceau de St-Martin*, épais de 350 m environ, où l'on exploite : les couches Jeannette, Jeanne, Grande couche, Intermédiaire, Ste-Barbe, Miette, Mie, Germaine, Estelle, Estellette, Céline.

— à Rochebelle même, du mur au toit :

le *faisceau de Fontanes*, d'une puissance de 400 m, avec les couches « de 10 m », « du 246 », « — 2 », « — 1 », 0, 1, 2, 3, 4, 5, Terre-Grasse et Espérance : M. Livet (40, p. 507) le fait correspondre avec celui de St-Martin.

le *faisceau de Cendras*, occupant 50 m en verticale au puits Ste-Marie, renfermant 3 couches numérotées 1 à 3.

l'*ancien faisceau de Rochebelle*, qui mesurait 200 m et où l'on connaît au moins 6 veines numérotées 1 à 6.

— plus au S, séparés des précédents par un accident dit « faille séparative », le *nouveau faisceau de Rochebelle*, comprenant :

au mur, les veines « L », « I », « ONO », d'apparence irrégulière, puis un ensemble de couches notées U, V, Z, Y, X, 7, 7 bis, 8, 9, 10, 11. que Livet et P. Bertrand (40 p. 503-507) identifient à l'ancien faisceau.

— enfin, au S d'Alès, le *faisceau du Bois commun*.

ZONE 5.

Schistes et grès souvent très micacés ; nombreux bancs de brèches et conglomérats à galets de quartz et micaschiste.

Principaux fossiles : Cordaites lingulatus G. E., *Alethopteris grandini* Br., abondant. *Pecopteris polymorpha* Br. devient beaucoup moins commun : les Pécoptéridées les plus fréquentes appartiennent aux espèces *arborescens* Schl. (1), *cyathea* Br., *hemitelioides* Br., auxquelles viennent s'ajouter, selon P. Bertrand (notes inédites sur les couches d'Arcas et du Feljas, inexploitées aujourd'hui), *P. bioti* Br., *P. candollei* Br., ainsi que *Dicranophyllum gallicum*, G. E., *Callipteridium gigas* Gutb., de la flore de St-Etienne. *Pecopteris dentata* Br., *Zygopteris erosa* White, *Aso-lanus camptotaenia* Wood, deviennent rares ou disparaissent, tandis que subsistent *Odontopteris reichi* Gutb., *Callipteridium pteridium* Schl., *Neuropteris cordata* Br., les sigillaires cannelées, *Sphenophyllum longifolium* Germar, *S. oblongifolium* Germar.

On remarquera qu'il existe une lacune dans l'échelle stratigraphique entre les zones 3 et 4 : sauf peut-être dans la région de Lalle, où les observations sont difficiles, nulle part on ne connaît les terrains de zone 4 et 5 en superposition normale.

(1) *Pecopteris arborescens* est présent déjà en zone 2, mais paraît être sensiblement plus abondant en zone 5 : critère utilisable au voisinage des accidents.

BASSIN DE BESSEGES.

On doit classer en zone 5 :

— une large bande de terrain houiller qui affleure au N de la Cèze le long du Rouvergue, repose sur les micaschistes et s'enfonce à l'E. sous les schistes à Esthéries de Gagnières qui lui sont superposés par ce que nous nommerons dans la suite *accident de Gagnières*. Là furent reconnus :

plusieurs gisements en forme de synclinal dyssymétrique d'axe N-S et dont le flanc N se trouve redressé et souvent déversé : les *Pihles*, *Garde Giralde* vers l'extrême N, la *Crouzille*, *Cros* et *Combelongue* plus près du cours moyen de la Gagnière, et, entre cette rivière et la Cèze, plusieurs petits gîtes de moindre importance ; Gaschas, le Mas bleu, etc.

sous le faisceau des demi-gras de Gagnières de zone 2, celui des *anthracites de Gagnières*, dans les déblais desquels on recueille de nombreux échantillons de *Cordaïtes lingulatus* G.E., comprenant plusieurs couches numérotées 13 à 5.

— une autre bande, plus étroite, qui prolonge la précédente au S de la Cèze, de Bessèges à Crouzoul, dont l'épaisseur serait voisine de 400 m. Elle se place toujours, à l'E, sur les micaschistes : à l'W, des formations plus anciennes, de zone 2, 3 et 4 la recouvrent partiellement le long de l'*accident de Bessèges*.

deux faisceaux charbonneux y sont connus, ceux du *Feljas* et de l'*Arcas* (dit encore « nouveau Feljas ») ; le premier renfermant les couches E, D, C, B, A, alpha, le second les veines Pierrebrune, n° 1 à n° 5.

BASSIN DE LA GRAND'COMBE.

La zone 5 est représentée dans le bassin de la Grand'Combe par l'étage de Ricard, qui forme la base du terrain houiller dans la partie méridionale de la cuvette de Portes-la-Vernarède. Elle affleure le long de l'éperon cristallin du Rouvergue, montrant vers le Pradel un certain nombre de couches mal reconnues, et, plus au N, le gisement de Broussous, d'allure très tourmentée.

Mais c'est aux environs de la Grand'Combe, aux puits de Ricard et des Oules principalement, que furent exploitées deux couches d'anthracite dites couches 1 et 2 de Ricard, distantes entre elles d'une cinquantaine de mètres, et dont l'éloignement du socle semble variable suivant le lieu. Une formation stérile épaisse de 700 m, le *stérile de Ricard*, les recouvre.

La zone 5 se prolonge sous l'assise de la Montagne Ste-Barbe, ainsi que sous le Trias vers Malbosc. On lui rapporte, le long de la bordure orientale du bassin, quelques petits lambeaux apparaissant, à la faveur d'accidents, entre le socle et le Secondaire ; Malataverne, la Croix des vents, etc.

BASSIN DE ROCHEBELLE.

Le bassin de Rochebelle ne renferme pas de terrain de zone 5.

ZONE 6.

Schistes et grès, conglomérats souvent micacés.

Principaux fossiles : *Cordaïtes lingulatus* G. E. très commun, *Alethopteris grandini* Br. également très commun (mais, si l'on en croit P. Bertrand, sous une forme légèrement différente décrite par Grand'Eury comme *A. aquilina*). *Walchia piniformis* Schl. apparaît. *Neuropteris cordata* Br., *Callipteridium ovatum* Br. deviendraient communes (9). Au mur de la couche Grand'Baume existe un remarquable niveau de schistes bitumineux à écailles de poissons qui forme un bon repère.

La zone 6 n'est connue que dans la cuvette de Portes-la-Vernarède, où elle repose sur l'étage de Ricard. Elle renferme, dans la région de la Grand'Combe, les couches Grand'Baume, Abylon, Pilhouse, Mascart, Luminières (en deux bancs), dont l'ensemble occupe 220 m en verticale. Dans le district de la Vernarède, les veines prennent le nom de St-Augustin, Palmesalade, Terrenoire 1 et 2, Jenny, Canal.

ZONE 7.

Schistes et grès avec quelques niveaux remarquables comme les grès de Champclauson.

Principaux fossiles : P. Bertrand et G. Livet définissent la flore de zone 7 (9 et 40, P. 212) par l'abondance des *Dorycordaites*, des *Pecopteris* du groupe *candollei* Br., *bioti* Br., *platoni* G.E., la présence d'*Odonopteris reichi* Gulb., *O. brardi* Br., *O. obtusa* Br., de *Linopteris germari* Giebel, de *Sphenophyllum thoni* Mahr, par la disparition des sigillaires cannelées.

La zone 7 forme le sommet de la cuvette de Portes-la-Vernarède. A la Grand' Combe furent exploitées les veines Corniche, Champclauson, Crouzette et Forge ; à la Vernarède, les couches Rouvières, Chauvet, Dumazert et Blachères.

Terrain triasique

Type du Trias dans la vallée de l'Auzonnet.

Dans le bassin du Gard, la nature et l'importance des différents niveaux triasiques varient sensiblement. Nous décrirons donc un type du Trias dans la vallée de l'Auzonnet, où cet étage affleure largement et fut l'objet de plusieurs sondages récents.

— *Trias inférieur.*

1 à 2 m de conglomérat à galets de quartz, siliceux et peu cohérent, surmonté de :

une dizaine de mètres d'arkose massive.

Cet étage inférieur affleure entre Gournier et le Lauze.

— *Trias moyen (Muschelkalk). Alternance de :*

calcaires dolomitiques, tantôt bruns jaunâtres, en bancs massifs, ressemblant à ceux de l'Hettangien, tantôt noirs, plus divisés, à grains de quartz ; souvent ces grains de quartz se multiplient et donnent naissance à des quartzites. Selon Destombes (25), présence de Myophora cf. elegans Dunk. et de M. goldfussi v. Alb.

lits de marnes noires,

niveaux détritiques gréseux et sableux, répartis en lentilles ou en filets entre les calcaires ou les marnes.

L'ensemble, épais de 25 m au puits de la Bastide, atteint 50 à 60 m au sondage n° 6 de St-Florent.

Le Muschelkalk est visible à la Bastide, à Gournier, aux environs du puits Pisani.

— *Trias supérieur (Keuper).*

alternance de marnes bariolées et de bancs calcaires plus ou moins dolomitiques, coupés d'arkoses qui, vers le haut, se multiplient et se décomposent, donnant naissance au principal niveau aquifère de la région.

Les marnes bariolées ne dépassent pas 40 m aux environs de la Bastide ; elles se développent considérablement sur le flanc N de la vallée, en direction de Molières.

Les sondages et travaux récemment exécutés dans la vallée de l'Auzonnet ont montré que, même réduit, cet étage garde partout la même allure. Ce n'est pas à des laminages qu'il faut attribuer les irrégularités d'épaisseur du Trias, mais à la proximité de hauts fonds, cause probable d'une irrégularité de volume des dépôts.

Le trias dans les autres régions du bassin du Gard.

Dans le bassin de Bessèges, le Trias affleure largement autour de l'ilot

houiller de Molières-les-Brousses. Vers Molières (Montagne de Gammal) les marnes de l'étage supérieur se développent notablement.

On voit également des lambeaux triasiques entre le Martinet et Bessèges, le long des grands accidents qui limitent le Carbonifère.

Au N de la Cèze, ce sont les arkoses inférieures qui prennent de l'extension et forment entre Gagnières et le Mazel une falaise haut de plusieurs dizaines de mètres dite « corniche du Trias ». Le Muschelkalk et le Keuper restent comparables à celui de la vallée de l'Auzonnet.

Dans le bassin de la Grand'Combe, le Trias occupe une large superficie du Mas Dieu à la Grand'Combe et à Branoux. Les calcaires du Muschelkalk prennent une importance comparable à celle des marnes, et paraissent se développer encore vers le Mas Dieu ; la route du Pradel à Alès est dominée par une imposante falaise de calcaires dolomitiques.

Le terrain houiller de *Rochebelle* est bordé à l'W par le Trias depuis Saint-Martin de Valgalgues jusqu'à St-Germain. Les arkoses des niveaux inférieurs restent peu épaisses, tandis que le Muschelkalk se montre, comme à la Grand'Combe, d'une puissance égale à celle des marnes.

M. Destombes (25) a récemment étudié les sondages de la Blaquièrre, Lacoste et la Minette, forés au cours des dernières années entre la Grand'Combe et Rochebelle (1). Il insiste sur « l'abondance de sédiments détritiques puissants, marquant la présence du socle cristallophyllien à proximité immédiate de l'aire de dépôt jusqu'au Lias inférieur ». Il reconnaît, à l'époque de la transgression triasique, « un relief encore vigoureux, dû à l'orogénèse poststéphanienne ». Ainsi qu'il a été dit plus haut ou dans des publications antérieures (46), nous pensons qu'un tel relief est bien à l'origine de l'irrégularité d'épaisseur du Trias.

Terrain jurassique

RHETIEN.

minces lits de marne noire, de calcaire et de grès, intercalés entre les arkoses supérieures du Trias et les calcaires hettangiens. Selon de Brun (14), ces niveaux renferment *Avicula contorta* Portl. aux environs de Molières.

Cette assise ne paraît atteindre qu'exceptionnellement l'épaisseur de 30 m qui lui est attribuée par la carte géologique. (Alès, 2^{me} éd.) ; mais elle semble surmonter partout le Trias, quoique fréquemment réduite à quelques mètres. Sur le flanc S de la vallée de l'Auzonnet, en particulier, nous avons recueilli, entre de petits niveaux de marne noire, des plaquettes gréseuses portant des traces mal conservées mais ressemblant fort à *Avicula contorta* Portl.

Ce faciès caractéristique de minces lits marneux noirs, particuliers au Rhétien, est un utile repère.

HETTANGIEN.

L'on voit généralement, à la base de l'Hettangien, des calcaires en plaquettes, des dolomies et des cargneules. Il n'est toutefois pas rare d'observer à ce niveau des bancs massifs de calcaire dolomitique, difficiles souvent à distinguer du Muschelkalk.

Dans la vallée de l'Auzonnet affleure, en plusieurs points, à 50 m environ au-dessus de la limite inférieure de l'étage, un horizon de marnes grises noduleuses, épais de 1 m, qui peut, localement, constituer un repère.

Lui succède une calcaire gris-bleuté dans lequel nous avons récolté, non loin de Brondille, *Cardinia* cf. *hybrida*.

Par ce calcaire bleuté, devenant de plus en plus dolomitique, à grain serré, on passe au Sinémurien.

(1) M. Destombes classe dans le Keuper inférieur une partie des niveaux rangés ici dans le Muschelkalk. Mais cette distinction est difficile à faire sur les affleurements. Nous continuerons donc à ne placer dans l'étage supérieur que les marnes.

Nous arrêterons ici cette description sommaire des terrains jurassiques, dont les divisions suivantes se trouvent déjà fort éloignées du Carbonifère.

ROCHE FILONNIENNES OU ALLUVIONNAIRES.

Nous avons à plusieurs reprises signalé la présence de filons, soit dans le socle, soit dans les formations carbonifères ou secondaires, filons dont le remplissage est principalement constitué par du quartz ou de la barytine. Fréquemment, ces roches forment la gangue d'une minéralisation sulfureuse : galène, jadis exploitée à Gagnières, à la Moulinotte, dans les calcaires du Muschelkalk (où elle semble également donner lieu à des gîtes de substitution ou d'imprégnation), blende, mispickel, stibine, dans les micaschistes des environs du Mercoïrol.

La pyrite de fer est plus répandue encore ; elle imprègne les roches voisines des accidents, colorant les grès houillers. Vers le Trias supérieur ou l'Hettangien, des gîtes de substitution prennent naissance, amas quelquefois considérables et jadis l'objet d'une industrie extractive dont les vestiges restent visibles aux Ribots à l'E du Mercoïrol, à Panissières, à l'E de Tamaris et de Rochebelle.

Les brèches de pente couvrent les flancs des collines calcaires.

Les alluvions pleistocènes sont connues dans la vallée de l'Auzonnet, entre le Martinet et St-Florent. Un avant-puits, foré non loin de la Bastide, a mis à jour quelques fragments de lignite et des ossements, malheureusement brisés et non déterminables. Vers Meyrannes, Robiac, St-Ambroix dans la vallée de la Cèze, vers Malbosc dans celle du Gardon, la présence de telles formations est indiquée par la carte géologique.

Les alluvions récentes tapissent localement le lit des cours d'eau actuels.

★ ★

Cet ensemble fortement hétérogène a diversement réagi aux efforts tectoniques. Fréquemment, nous verrons une faille franche observée dans les calcaires jurassiques passer à une flexure et s'amortir dans les marnes ou les schistes houillers sous-jacents ; souvent, un accident nettement visible en surface ne se retrouve plus nettement dans les exploitations ou ne se manifeste que par un changement de pendage des couches.

De tels accidents, s'il ne s'agit pas d'un tassement, sont quelquefois relayés par d'autres qui se développent en profondeur.

LA TECTONIQUE TERTIAIRE DANS LE BASSIN DU GARD

Si l'on connaît, en quelques points du Massif Central ou sur son pourtour, des lacunes, voire de faibles discordances (1), si l'on a réussi localement à mettre en évidence de légers mouvements dans les terrains secondaires, c'est à la tectonique pyrénéo-alpine que l'on s'accorde à attribuer les principaux plis et failles qui ont affecté ces formations. C'est donc par l'examen des terrains de couverture que nous définirons les caractères généraux de l'orogénèse tertiaire.

Nous observerons partout des plis réguliers, à grand rayon de courbure, coupés de nombreux accidents orientés généralement WNW ou NNE, à moins qu'ils ne longent les bordures cristallines. Seules les failles dirigées WNW renferment des types inverses : les accidents NNE, parallèles aux lignes de contact anormal connues dans les terrains houillers, sont toujours conformes.

(1) Un exemple : le Cénomanien lignitifère du Sarladais repose, avec lacune du sommet du Jurassique et du Crétacé inférieur, tantôt sur les calcaires kimmeridiens, tantôt sur le Portlandien.

Le style des déformations tertiaires est donc entièrement différent de celui des plis-failles du Carbonifère.

Partout, d'autre part, les trois termes du Trias sont normalement développés, et c'est par les arkoses de base que cet étage se trouve en contact avec les assises primaires, quelle que soit la nature de celles-ci ; jamais il n'y a trace de rabotage dans les séries secondaires.

Il faut donc admettre, (d'ailleurs, avec la plupart des géologues actuels) que l'orogénèse tertiaire n'a fait que remanier les plis créés dans le Houiller par une tectonique antétriasique prédominante.

Tectonique des terrains de couverture du bassin du Gard dans la vallée de l'Auzonnet

Les motifs qui nous ont conduit à choisir ici le type du Trias ; présence de nombreux travaux miniers, de plusieurs sondages récents, qualité des affleurements, précision des levés, nous incitent à décrire là également les grands traits de la structure des morts terrains.

Les *pendages* sont réguliers, voisins de 15-20° NNE. Il faut aller loin vers le N, aux Brousses ou à Chaleyrac, ou bien atteindre, en direction opposée, le cours de l'Avène, pour observer une inclinaison des bancs en sens inverse. Les *plis* apparaissent donc peu accusés, à grand rayon de courbure ; ils dessinent sur les coupes, et en particulier sur la coupe 12 (pl. 3) de larges ondulations.

Les *accidents* sont nombreux ; ce sont des failles franches passant fréquemment à des flexures, dirigées suivant deux directions orthogonales : NNE et WNW.

Les *accidents* NNE sont toujours de type conforme, inclinés à 45° environ sur l'horizon. Leur rejet, variable, ordinairement de quelques mètres, dépasse parfois 100 m. Nous citerons, dans la vallée de l'Auzonnet :

la *faille de Mercoirol* qui met successivement en contact, vers le Lauze, les niveaux houillers à *Mixoneura* avec les calcaires hettangiens, les marnes du Trias et des schistes à Esthéries.

la *faille de Panissières*, qui fait affleurer, contre l'îlot houiller de St-Jean, les marnes triasiques.

une série de petits accidents, non portés sur la carte en raison de leur faible rejet, qui ne dépasse guère 20 m, donnant aux failles WNW une allure plus ou moins sinueuse entre St-Florent et St-Jean.

Le plus souvent, le compartiment oriental est effondré ; mais c'est quelquefois l'inverse (en particulier, pour la faille de Panissières).

Les *accidents* WNW peuvent être répartis en groupes :

a) un ensemble de petites failles inverses, inclinées à 45° vers le N, signalées jadis par de Brun à Molières (14).

Les sondages faits à travers le Trias à la Bastide et à St-Florent (Pl. 9) les ont mis nettement en évidence grâce aux répétitions de couches qu'elles provoquent. On les observe particulièrement bien, en surface, dans les collines dominant l'Auzonnet entre la Bastide et le Lauze ; les marnes du Trias alternent à plusieurs reprises avec les calcaires hettangiens, en dépit de la constance du pendage : le talus du chemin de Bastide à Gournier montre la trace de petits anticlinaux dont le flanc inverse, étiré, a servi de départ à la faille.

Nombreux et de faible rejet, ces accidents rendent souvent difficile une évaluation précise des épaisseurs des différents niveaux : sur la carte de la planche 1, nous avons donné au Trias la puissance totale correspondant aux observations ou aux sondages ; fréquemment, (ainsi que les sondages de la Bastide

et de St-Florent permettent de s'en rendre compte) celle-ci n'est atteinte que grâce à des répétitions de couches qu'il n'est pas possible de noter sur une carte à petite échelle.

Rapidement amorties, semble-t-il, dans le Houiller, ces multiples petites failles inverses ne figurent pas sur les plans de mine lorsque l'exploitation n'est pas à proximité des morts terrains. Elles paraissent moins récentes que les accidents NNE qui les recoupent.

b) de grandes failles inclinées à 30° seulement sur l'horizon dont les traces sont décrochées par le jeu des accidents orthogonaux NNE, postérieurs.

A ce groupe se rattachent les deux accidents (que l'on pourrait nommer faille de Fontanieux et faille du Puech vert si ces dénominations ne se confondent pas avec le « rejet de Fontanieux » des mines de Molières et le « rejet du Puech Vert » de St-Jean dont l'existence semble douteuse) qui bordent au N et au E l'îlot de St-Jean et mettent en contact le houiller ou les arkoses de la base du Trias avec le sommet de ce dernier étage ou l'Hettangien.

c) des accidents importants, de type normal, inclinés à 70° sur l'horizon, effondrant les terrains vers le S. Dans la vallée de l'Auzonnet, les principaux sont :

les failles de la rivière et du Carral, bien connues dans le Houiller de St-Jean ; cours, qui juxtapose, non loin du Lauze, les arkoses inférieures du Trias avec les premiers niveaux hettangiens. Son rejet serait ici juste égal à l'épaisseur du Trias ; il paraît augmenter aux environs du Puech vert, où l'on observe des marnes et calcaires du Charmouthien contre le sommet du Trias.

la faille de Couze, bordant au S l'îlot de Molières-les-Brousses, qui met en contact Houiller et calcaire jurassique ; dans les exploitations, elle apparaît comme une vaste flexure dite « selle de Couze », coupée d'une série d'accidents.

les failles de la rivière et du Carral, bien connues dans le Houiller de St-Jean ; leur rejet, de l'ordre de 150 et 250 m dans le Carbonifère, paraît moindre dans les terrains de couverture secondaires ; la faille de la rivière mettrait en contact, vers St-Florent, les marnes triasiques avec les marnes à nodules de l'Hettangien. Une étude plus minutieuse de la région comprise entre Pommier, les Ribots et le Puech vert a révélé l'existence d'autres accidents de même type, dont le rejet varie de 10 à 30 m difficiles à noter sur une carte à petite échelle.

Les accidents du groupe c semblent plus récents que les failles NNE.

Tectonique des terrains de couverture du bassin houiller du Gard dans les autres régions

Il n'est que d'examiner les diverses coupes des planches 3 et 4 pour retrouver partout de larges plis en anticlinaux et synclinaux réguliers, à grand rayon de courbure ; je crois ces figures suffisamment explicites pour éviter une plus longue description.

Les petites failles inverses orientées WNW et décrites ci-dessus dans le groupe a se retrouvent un peu partout : ainsi qu'il a été dit, de Brun les a décrites à Molières (14) : j'en ai observé au voisinage de la Grand'Combe.

Parmi les autres accidents particulièrement remarquables, il faut citer :

— dans le bassin de Bessèges :

un réseau de failles NNE, généralement à grand rejet (failles de l'Arboussset, de Robiac, de la centrale : voir Pl. 1 et 3) qui, en de nombreux points mettent en contact les calcaires jurassiques et l'assise de Bessèges (h4), et paraissent se prolonger loin vers le N, déterminant au delà de la Cèze une série de compartiment ; à l'intérieur de ceux-ci affleure soit le Houiller de zone 5, soit les « schistes stériles de Gagnières » de zone 1.

les failles de la Bannelle et du Granzon, qui limitent vers le N le terrain houiller du Gard.

Ces deux accidents n'étaient pas considérés comme distincts et formaient, avec un troisième, orienté NNE, que j'ai dénommé faille des Pilhes, la faille de la Bannelle, j'ai cru devoir laisser ce nom à l'effondrement qui fait affleurer le calcaire jurassique entre les Pilhes et Banné; mais ce dernier paraît se prolonger en réalité par la faille de Caquefer, contre laquelle vient buter l'exploitation du puits des Pilhes.

la faille de Bordezac, très important accident qui, au NW de Bessèges, juxtapose Jurassique et micaschistes du socle : elle se continue à l'W de Gagnières par une vaste flexure.

— dans le bassin de la Grand'Combe-Rochebelle :

la faille du Mercoirol, déjà citée à propos de la vallée de l'Auzonnet : on la retrouve jusqu'à la Moulinotte.

la faille des Oules, dirigées SW-NE.

plusieurs accidents NNE qui limitent à l'W et à l'E l'îlot du Mas Dieu.

le complexe failleux de Drulhes, à l'W de Rochebelle-St-Martin, série d'accidents parallèles, se relayant l'un l'autre, orientés NNE, conformes; par le relèvement de leur compartiment oriental, ils font affleurer le Houiller de Rochebelle.

des accidents le long des bordures du bassin, entre Alès et la Grand'Combe d'une part, l'Antoinette et la Rouvière, sur le flanc occidental du Rouvergüe, d'autre part.

une faille NNE limitant, de la Grand'Combe au Pontil, l'assise de la montagne Ste-Barbe de zone 3 (la date de ces dernières dislocations, qui se placent en dehors des affleurements des terrains secondaires n'est pas certaine; il s'agit probablement de mouvements tertiaires ou ayant joué au Tertiaire, d'après leur allure et leur direction).

Enfin, le bassin du Gard proprement dit est limité au SE par de grands accidents, d'un rejet considérable : de Rochebelle à St-Martin-de-Valgalgues, l'Oxfordien affleurerait en face du Carbonifère. A l'E de St-Jean-de-Valérisclé, les niveaux houillers sont rejetés en profondeur par les failles de la Nougarede, des Mages, et probablement d'autres encore, moins bien connues; c'est dans le Crétacé que débute le sondage des Mages, placé à 1 km au S de ce village.

Ces grandes failles possèdent en général une inclinaison assez faible sur l'horizon; celle de la faille des Cévennes, la mieux explorée par les travaux et sondages qui la touchent en plusieurs points dans le bassin de Rochebelle (voir par exemple coupe 25 de la Pl. 4), est voisine de 40°. On y vit des plans de charriage; hypothèse toute gratuite, puisqu'il n'existe pas de chevauchement, et qui ne saurait être considérée que si la présence d'autres charriages tertiaires était démontrée dans le bassin. Nous avons vu plus haut (p. 19) ce qu'il fallait en penser.

TECTONIQUE ANTETRIASIQUE

Si l'orogénèse tertiaire n'engendra que des plis réguliers coupés de nombreux accidents; si, parmi ces accidents, aucun n'est une faille inverse parallèle à la direction des chevauchements observés dans le terrain houiller, il faut admettre l'existence d'une tectonique antétriasique prédominante à laquelle se rapportent les principales déformations des assises carbonifères. Le fait que les arkoses de la base du Trias reposent indifféremment, en contact sédimentaire normal, sur les micaschistes près de Bordezac, sur les schistes à Esthéries au Castellans, sur les

niveaux de zone 2 à Gagnières, sur ceux de zone 3 et 4 à St-Jean-de-Vallériscle, sur ceux de zone 5 et 6, enfin, dans la cuvette de Portes-la-Verrière, souligne l'importance des mouvements et de l'érosion précédant le dépôt des premiers sédiments secondaires.

Je rappellerai d'abord les grands traits de la tectonique antétriasique, déjà esquissés p. 9 :

Sans préjuger des causes profondes qui sont à l'origine de ces déformations, on constate que les composantes horizontales des forces mises en jeu ont pour résultante une poussée dirigée en gros de l'E vers l'W, donnant naissance à des plis asymétriques d'axe N-S à NNE-SSW. A Rochebelle, au voisinage du puits de Fontanes (Fig. 1 Pl. 8) ce sont des anticlinaux déversés, coupés de petites failles inverses : aux environs du puits Ste-Marie (Fig. 2 Pl. 8), des plis couchés, mais sans rupture ni étirage ; ailleurs, en certains points, par exemple, du faisceau de Bessèges supérieur (Fig 4 Pl. 8) des plis failles accompagnés de décollements, mais dont les différents éléments, notamment tête et charnière, se trouvent conservés. Enfin les principaux chevauchements, avec déplacements horizontaux de quelques kilomètres ont pour origine le flanc inverse d'un pli faille qui, après étirement et laminage, devient plan de glissement. Les « crochons », que l'on observe en plusieurs endroits au voisinage de la surface de charriage, représentent non des entraînements (auquel cas les couches de houille seraient laminées et tronçonnées) mais des témoins de charnières. Particulièrement significative est à ce point de vue la coupe 31 de la Pl. 4 dans le faisceau de Laval surmonté de l'assise de la Montagne Ste-Barbe : il n'est guère possible d'expliquer par des entraînements la structure représentée.

Dans un même pli faille d'une amplitude suffisante peut se trouver pris un « paquet » de terrain houiller épais, constitué de plusieurs niveaux appartenant à des zones floristiques distinctes. Une même assise, par exemple la zone 5 dite « du Feljas » dans le bassin de Bessèges, se trouvera alors en contact, par chevauchement, le long d'un même accident, avec différentes formations ; zones 2, 3, 4 ou 5 suivant les points sans qu'il soit nécessaire de faire appel à un système d'écaillés complexes pour expliquer ce fait.

L'amplitude des divers charriages n'est pas constante et varie le long d'un même méridien ; nous verrons que l'accident de Gagnières apparaît beaucoup plus important dans le N du bassin de Bessèges que dans la vallée de l'Auzonnet, tandis que c'est exactement l'inverse pour l'accident de Bessèges qui lui est parallèle. Les principaux charriages semblent se relayer l'un l'autre de manière à ce que le rétrécissement du bassin qu'ils provoquent soit sensiblement le même sur les divers parallèles.

De tels mouvements paraissent s'amortir soit par diminution d'amplitude (cas de l'accident de Bessèges vers le N) soit par division en une série de petits chevauchements de moindre importance (cas de l'accident de Gagnières au N du bassin de la Grand'Combe).

Certaines nappes (assise de la Montagne Ste-Barbe) se seraient mises en place sur de plus anciennes partiellement nivelées par l'érosion (assise de Laval).

De nouveaux plis de même style ont pris naissance sur des nappes déjà formées, créant de nouveaux chevauchements compliquant encore la structure ; c'est ainsi qu'au N de Bessèges on aperçoit sur la carte de la Pl. 1, d'W en E ; la succession : zone 5 - zone 1 - zone 5 - zone 1. En général, l'amplitude de ces « charriages secondaires » est limitée.

Certaines observations, enfin, jointes aux résultats de récents sondages m'ont fait admettre la présence d'une phase tardive, d'importance d'ailleurs réduite, à laquelle on doit attribuer quelques accidents ou plis orientés NW-SE.

Nulle part l'étage permien n'est connu dans le bassin, et le plus proche lambeau qui lui soit attribué est celui de St-Jean-du-Gard (70). Il est donc difficile de localiser dans le temps d'une manière précise les différents mouvements antétriasiques affectant le terrain houiller. D'après ce qui a été dit plus haut sur la progressivité et la succession des déformations, on doit simplement conjecturer que ces mouvements sont répartis sur une assez longue période.

STRUCTURE D'ENSEMBLE DU BASSIN DU GARD

L'architecture de fond du bassin était dessinée avant le dépôt des premiers grès secondaires, et ne fut que remaniée au Tertiaire. J'ai donc cru préférable de décrire les principales unités tectoniques, formées au cours de l'orogénèse anté-triasique, en même temps que la structure d'ensemble qui en dépend étroitement.

BASSIN DE BESSEGES.

Tout le long de la bordure cristalline, depuis la faille du Granzon, au N. jusqu'à Crouzoul, au S, s'étend une assise de zone 5, en repos normal sur les micaschistes, comme le prouve la présence de brèches de base. A l'E, un grand accident la limite, que j'ai nommé accident de Bessèges; c'est un plan de charriage, développé à partir du flanc inverse du pli de Bessèges. Par glissement le long de ce plan, se trouve superposé, au terrain de zone 5 autochtone, le faisceau de Bessèges supérieur de zone 4 (voir p. 13).

Plus au S, vers Rochessadoules et le Martinet, le faisceau de Bessèges inférieur (zone 3, voir p. 12) puis le faisceau de Crouzoul (zone 2, voir p. 12) viennent successivement s'insérer à la base de la nappe.

Au N de la Cèze, le pli de Bessèges diminue d'amplitude et ne se traduit plus que par des failles inverses, telles que celles qui bordent à l'E les gisements de Garde Girald et de Cros Combelongue, n'intéressant que la zone 5.

Sur la carte de la Pl. 1, on suit la trace de l'accident de Bessèges de Pigère à la Plaine et Rochessadoules. On en aperçoit encore deux tronçons au N du ventilateurs de l'Arcas. Au niveau du Martinet, l'accident vient buier en profondeur, contre la faille de l'Arbousset.

Un peu à l'W (entre la Plaine et le Gouffre noir sur la carte) se remarquent d'autres mouvements similaires d'importance beaucoup plus réduite; on pourrait nommer pli de St-Charles celui qui, au N de Rochessadoules, à la base du faisceau de Bessèges, limite une série de lambeaux charbonneux formant la lentille St-Charles, et pli de l'Arcas un autre séparant, par un petit charriage où s'intercale un témoin de zone 4, les gisements de l'Arcas de ceux de l'ancien Feljas, tous deux de zone 5, dans la région du col de Trélès. Ce sont des plis et accidents secondaires naissant sur des nappes déjà formées, que j'ai signalés plus haut.

Les terrains constituant le flanc normal du pli de Bessèges, et chevauchant « l'autochtone » de zone 5 correspondent, en gros, à la « première écaille principale » de G. Livet (40 p. 582). Un second et important accident de même nature, que j'ai nommé accident de Gagnières, développé à partir du flanc inverse du Pli de Gagnières, et situé à quelques centaines de mètres à l'E, de l'accident de Bessèges qui lui est parallèle, leur superpose une nouvelle nappe dont la base appartient en principe à la zone 1 (2^{me} écaille principale de G. Livet).

Au N de Bessèges, le contact des niveaux de zone 5 et de zone 1 est bien visible. Un pli faille secondaire, que l'on peut nommer pli du Souterrain parce qu'il est à l'origine de la faille inverse bordant à l'E le gisement de même nom, complique un peu la structure, et fait affleurer, par endroits, une bande de schistes à Esthéries au milieu de l'assise de zone 5. Plus à l'E, le gisement des demi-gras de Gagnières, de zone 2, se place normalement sur ces schistes à Esthéries, tandis que sous l'accident de Gagnières se trouve le faisceau des anthracites de zone 5.

Au S de la Cèze, tout est masqué en surface par les morts terrains, et « l'étage stérile » à Esthéries ne fut touché que par les travaux en des points isolés. Les choses sont un peu plus claires dans la vallée de l'Auzonnet, où une masse importante de schistes à Esthéries surmonte le faisceau des Esteyraing de zone 2, le long d'un plan de chevauchement. Sur ces schistes se placent, vers St-Florent et St-Jean, en contact sédimentaire normal, la succession des anthracites de Molières St-Florent (zone 2), du faisceau de St-Jean inférieur (zone 3) et de St-Jean supérieur (zone 4).

Une incertitude subsiste cependant : le sondage du Sanguinet, placé entre les gisements de Molières-les Brousses et de Gagnières, aurait dû recouper un faisceau charbonneux normalement développé : or, cet ouvrage a bien traversé,

si l'on en croit Paul Bertrand (10), la série des couches d'anthracite de Molières, mais stériles et réduites à des lits fossilifères. D'autre part, ces deux gisements de Gagnières et de Molières ont un aspect très différent. Enfin, le travers banc Créal-Molières, reliant le puits de Brissac au puits Varin aurait recoupé, avant d'entrer dans les schistes à Esthéries, quelques couches de position incertaine, peut-être de zone 2.

Il est donc possible que l'accident de Gagnières, diminuant considérablement d'amplitude entre Bessèges et le Martinet, ne se traduise plus, dans la vallée de l'Auzonnet, que par des mouvements locaux, tels que ceux qui séparent les faisceaux du puits et des Esteyraings (coupe 12, Pl. 3). Il serait relayé par un accident de Molières, séparant, au N, les gisements de Gagnières et de Molières, et responsable, au S, du chevauchement du faisceau des Esteyraings de zone 2 par les schistes à Esthéries formant le substratum du faisceau anthraciteux de Molières-St-Florent.

Enfin, la coupe allant du sondage de Panissières au puits 4 de St-Jean (coupe 24, Pl. 4) indique la présence ici d'un pli ou d'une grande faille antétriasique ; c'est ce que j'ai nommé le Pli de Panissières. Pour différentes raisons, que je développerai plus loin (p. 57), je le crois orienté NW et je pense également qu'il se poursuit dans cette direction jusque Courcoulouze.

Les failles de la rivière et du Carral, dont le rejet dans les terrains houillers est notablement plus grand que dans les niveaux secondaires, sont peut-être liées à ce pli de Panissières.

Les remaniements tertiaires les plus remarquables sont : la série des failles NNE allant du Martinet à Bessèges et jusqu'à l'extrême nord du bassin.

la faille et flexure de Bordezac qui crée une dénivellation transversale assez importante.

les failles de la Nogarède, des Mages, etc.

le relèvement des morts terrains sur l'axe Molières-St-Jean faisant apparaître deux îlots houillers.

BASSIN DE LA GRAND'COMBE.

La partie septentrionale du bassin de la Grand'Combe, à l'W d'une ligne la Grand'Combe-le Pontil-Rouvière, est régulièrement plissée en forme de cuvette assez plate : on la nomme souvent, pour rappeler cette allure, cuvette de Portes-la-Vernarède. Elle est occupée par un terrain houiller relativement récent, de zone 5, 6 et 7. L'assise de zone 5, comprenant l'horizon de Ricard surmonté du stérile de Ricard, repose normalement sur les micaschistes dans la moitié S de la cuvette de Portes. Les niveaux de zone 6 et 7 qui sont là superposés dans l'ordre naturel, la débordent vers le N par transgression et viennent à leur tour au contact du socle.

De la Grand'Combe au Pontil, un pli déversé rebrousse brusquement l'horizon de Grand'Baume : au puits de la Forêt, son amplitude est encore faible, il est presque entièrement visible ; au puits du Pontil, cette amplitude augmente notablement ; seule la charnière et la partie inférieure du flanc déversé subsistent. Ce pli de Grand'Baume est bordé à l'E par une faille inclinée à 45° SE qui juxtapose à l'assise de zone 6 celle de la Montagne Ste-Barbe de zone 3. (Voir fig. 9 et Pl. 8). Il paraît se poursuivre du Pontil à Rouvière, se retrouvant notamment dans la couche Champclauson (coupe 15 Pl. 3).

Au SE de la cuvette de Portes et de la ligne la Grand'Combe - le Pontil - Rouvière considérée plus haut, c'est toujours l'assise de Ricard de zone 5 qui vers le Pradel, St-Andéol, Lascous, les Oules, occupe le fond du bassin, en repos normal sur les micaschistes (présence de brèches de base) : mais, à l'intérieur d'un triangle qui aurait pour sommets la Grand'Combe, le Pontil et le Mas de l'Antoinette, elle est chevauchée par l'assise de la Montagne Ste-Barbe de zone 3. J'ai nommé accident de la Montagne Ste-Barbe, la surface de contact.

Dans la région de Laval, au SE d'une ligne l'Antoinette-Redoussas, ce n'est plus l'assise de Ricard, mais celle de Laval (zone 4) qui avoisine le socle, elle-même surmontée directement par les niveaux de Ste-Barbe (zone 3). Le passage zone 5 - zone 4 est ici mal connu. La coupe 32 de la Pl. 4 me fait supposer la présence entre les deux d'un autre pli-faille que j'appellerai Pli de Laval, déjà bien érodé lors du chevauchement de Ste Barbe. On notera que dans cette

région des bancs à *Mixoneura* de zone 2 apparaissent à la base de la nappe de Ste-Barbe. Ces derniers se raccordent aux affleurements de même nature que l'on suit vers la Moulinotte et jusque dans l'îlot du Mas Dieu, et dans lesquels on aperçoit plusieurs plis déversés et plis failles, d'une amplitude toujours réduite.

En longeant le Gardon au S des Oules, tout est masqué par les terrains secondaires. Les sondages et l'ancien puits de Malbosc ont découvert plusieurs couches, de zone 5, puis l'épaisseur des formations houillères recoupées entre Trias et micaschistes diminue fortement aux sondages de Rouvelong et des Plantiers.

BASSIN DE ROCHEBELLE.

Au SE de ce seuil qui termine le bassin de la Grand'Combe dans sa partie méridionale, les sondages de la Minette, de Drulhes, du Lacoste et du Galeison ont montré que le bassin « s'ouvrait » à nouveau. Celui de la Minette a traversé un lambeau de zone 2 reposant sur des schistes à Esthéries. A Drulhes, la zone 2 est au contact du socle ; à Lacoste, la zone 3. Ceci permet de comprendre comment se fait le raccordement entre les bassins de la Grand'Combe et de Rochebelle (coupes 21 à 23 Pl. 4) d'une part, de la Grand'Combe-Rochebelle et de Bessèges d'autre part (coupe 24, Pl. 4).

Un relèvement assez faible des terrains de recouvrement secondaires vers le SE, et surtout le jeu des accidents du complexe failleux de Drulhes (coupes 21 à 23 Pl. 4) font affleurer de St-Martin de Valgagues aux faubourgs d'Alès une bande carbonifère de zone 3 et 4 qui constitue le gisement actuellement exploité de Rochebelle-St-Martin, limitée d'autre part à la faille des Cévennes. Les coupes 25 à 28 (Pl. 4) révèlent la présence de nombreux plis déversés et même couchés.

Plus au S, le faisceau du Bois Commun, séparé des couches de Rochebelle par une faille, est chevauché par un lambeau à *Mixoneura* de zone 2.

DESCRIPTION DETAILLEE DES DIFFERENTES REGIONS DU BASSIN : COUPES GEOLOGIQUES

Bassin de Bessèges

REGION AU N DE LA CEZE.

Sur la carte de la Pl. 1, on aperçoit :

— à l'W, en bordure des micaschistes, une assise de zone 5 à *Cor-daites lingulatus* G.E. et *Alethopteris grandini* Br.,

— puis un contact répété, le long d'accidents, entre des lambeaux de zone 5 et de zone 1 ou 2.

— plus à l'E, une vaste étendue occupée en surface par le stérile de Gagnières à Esthéries, lui-même recouvert, au Mazel et à Gagnières, par des niveaux productifs à *Mixoneura flexuosa* G. E. et *Pecopteris lamurensis* Heer,

— enfin la couverture secondaire.

Au NNW de Bessèges affleure un triangle de zone 4, où fut exploité le faisceau de Lalle, prolongement vers le N du faisceau de Bessèges supérieur.

La COUPE n° 3 (Pl. 3) montre l'architecture de cet ensemble : l'assise de zone 5, qui borde les micaschistes, s'enfonce vers l'E. ; le sondage du Souterrain la recoupe jusqu'à 1.054 m de profondeur. En repos

normal sur le socle, par l'intermédiaire de brèches de base, elle renferme de nombreux bancs de conglomérat à galets de micaschistes et de grès grossier, entre lesquels apparaissent un certain nombre de passées charbonneuses et de lits schisteux fossilifères (voir p. 14). On y connaît le gisement de Cros Combelongue, en forme de petit synclinal dyssymétrique dont le flanc occidental est peu incliné, et le flanc oriental presque entièrement supprimé par un accident assez plat ; ce dernier n'est pas un effondrement vers l'E au-delà duquel le faisceau charbonneux réapparaît, mais une faille inverse. *Cordaites lingulatus* G. E. abonde dans les terrils de la mine aujourd'hui abandonnée.

Continuant vers l'E, on traverse plusieurs centaines de mètres de grès grossiers, jadis explorés par le travers banc de la Pauze-du-Lum, et pratiquement stériles. Très peu avant le faisceau du Souterrain, on voit affleurer quelques couches, subverticales, dites « couches bis du Souterrain », sur lesquelles furent faites des recherches infructueuses. la veine se coinçant rapidement en profondeur. J'ai recueilli là *Pecopteris arborescens* Schl., *P. cf. cyathea* Br., *P. pluckeneti* Schl., sur des schistes micacés, à l'exclusion de tout échantillon de *Mixoneura* ni de *Pecopteris lamurensis* Heer. Ces deux espèces abondent cependant dans les déblais et au toit des couches du Souterrain, très voisines. J'ai donc, sur la coupe 3, placé une faille entre les deux formations, faille que des minéralisations permettent également de suivre sur le terrain.

Le gisement du Souterrain se présente en synclinal dyssymétrique : le flanc W, régulier, possède une inclinaison de 45° environ : le flanc E est déversé, étiré le long d'une faille inverse (voir fig. 7, Pl. 8). Comme il vient d'être dit, *Mixoneura flexuosa* G. E., *Pecopteris lamurensis* Heer abondent, joints à d'autres espèces fréquentes dans le Stéphanien inférieur. Les épontes des veines de houilles sont formées, soit de grès fins, soit de schistes fissiles rappelant le stérile de Gagnières. Le Souterrain doit donc être classé en zone 2, et non en zone 5 comme il était admis.

Si l'on poursuit, toujours vers l'E, le chemin emprunté autrefois par le chemin de fer minier et franchissant le viaduc de Doulovy, on retrouve à nouveau, avant la traversée de cet ouvrage, des grès et schistes micacés qui m'ont fourni : *Cordaites lingulatus* G. E., *Odontopteris reichi* Gutb., *Pecopteris hemitelioides* Br., *P. arborescens* Schl. La zone 5 affleure donc une seconde fois à l'E du Souterrain.

A la faveur d'un nouvel effondrement des terrains vers l'E (accident probablement tertiaire ; voir p. 20) les schistes à Esthéries apparaissent dans le ravin de Doulovy, dont ils occupent toute la rive gauche. L'ancien puits de Lavernède fut foré dans ce ravin, en vue de rechercher le prolongement du faisceau du Souterrain. Le fond de ce puits recoupe des formations grossières, malgré son éloignement probable du socle. Ici, le repère lithologique (faciès grossiers rares dans le stérile de Gagnières) peut être localement utilisé : il indique que les schistes à Esthéries chevauchent la zone 5.

En résumé, nous retiendrons :

— que la zone 5, en contact normal avec le socle, se prolonge assez profondément sous le gisement du Souterrain et le viaduc de Doulovy.

— qu'un premier pli-faille superpose au faisceau de Cros-Combelongue de zone 5 d'autres niveaux de zone 5.

— que cette zone 5 est chevauchée, au Souterrain ainsi qu'à l'E du ravin de Doulovy, par des niveaux à *Mixoneura* ou à *Esthéria*.

— qu'un pli faille secondaire a lui-même ramené à la surface, entre le Souterrain et le ravin de Doulovy, l'assise de zone 5.

Nous retrouverons dans toutes les autres coupes de la région au N de la Cèze ces traits essentiels de la structure.

COUPE 2.

Pas de modification importante par rapport à la coupe 3 : les gisements de Cros Combelongue et du Souterrain n'existent plus ; par contre, dans la bande notée « h5 » qui affleure au milieu de la zone 1 fut exploité le petit gîte de la Crouzille, ainsi nommé en raison du pli en S qui l'affecte. Il fut classé en zone 2 ; il ne m'a cependant livré aucun *Mixoneura* ni *Pecopteris lamurensis*, mais des schistes micacés où *Pecopteris arborescens* Schl., abonde, accompagné de *Cordaites lingulatus* G.E. Je pense donc devoir rattacher le faisceau de la Crouzille à la zone 5.

Le puits des Bartres, tout comme celui de Lavernède dont il vient d'être question, part des schistes à Esthéries pour recouper à la base des schistes micacés à *Pecopteris arborescens* Schl. et *Odontopteris reichi* Gutb., appartenant à la zone 5.

COUPE 1.

Le faisceau de Garde Giral est ici l'équivalent de celui de Cros Combelongue. *Cordaites lingulatus* G.E. s'y montre commune. Il est toujours plissé en synclinal dyssymétrique limité à l'E par une faille inverse, dont l'allure rappellerait celle du Souterrain ; flanc W inciné à 30° environ, flanc E déversé, étiré contre la faille inverse. Au delà de celle-ci, nous trouvons, comme sur la coupe 3, une nouvelle bande de terrain appartenant à la zone 5, mais renfermant cette fois un autre gisement, celui des Pilhes, encore récemment exploité. La structure est toujours la même ; on notera simplement que la charnière du synclinal est très aiguë, ce qui donne au pli une forme de V déversé (voir fig 5 Pl. 8, à comparer avec fig 2 de la même planche).

Il paraît bien qu'entre le Houiller des Pilhes et les schistes à Esthéries qui affluent immédiatement à l'E (le haut du puits des Pilhes s'y trouve déjà) se place une faille probablement tertiaire, effondrant les terrains vers l'E., prolongement de l'accident qui sépare le faisceau du Souterrain des « couches bis ». A la partie inférieure des schistes à Esthéries existe d'ailleurs ici la veine Doulovy, à flore de *Mixoneura* ; par sa position, elle ne serait pas sans analogie avec le gisement du Souterrain. Nous reviendrons plus loin sur cette question.

Un lambeau de grès grossier, à mi-chemin entre les Pilhes et le Mazel, représente peut-être la suite de la bande « h5 » où se situait, dans la précédente coupe, le gîte de la Crouzille.

Enfin, au Mazel même apparaît, surmontant les schistes à Esthéries, un faisceau charbonneux aujourd'hui épuisé ; sur les terrils et les affleurements abondent *Mixoneura flexuosa* G.E. et *Pecopteris lamurensis* Heer.

COUPE 4.

Si l'on s'éloigne, vers le S cette fois, du parallèle correspondant à la coupe n° 3, les gisements de Cros Combelongue et du Souterrain disparaissent, par suite probablement, d'un relèvement du bassin ; les schistes de Gagnières n'affleurent plus qu'à l'E du puits de Chavagnac ; la trace de la surface de chevauchement qui, plus au N, butait contre une faille, devient visible. Cependant, on connaît à l'W et SW du puits de Chavagnac des synclinaux dyssymétriques à flanc oriental déversé, (gîtes de Malpas et de Gaschas, où *Cordaites lingulatus* G. E. est commun) montrant que le mode de plissement n'a pas varié.

En approchant du parallèle 4300 correspondant à la coupe 4, la flexure de Bordezac abaisse à nouveau les terrains ; nous retrouvons une allure générale

peu différente de celle décrite par la coupe 3, avec, cependant, quelques faits remarquables :

Alors que l'accident limitant à l'E les faisceaux de Cros-Combelongue et de Garde-Girald superposait à ceux-ci une nappe de zone 5, l'assise supérieure de Bessèges (zone 4, voir p. 13) fait son apparition à la base d'une telle nappe.

Aux Vigès, une bande de zone 5 affleure au milieu du Stéphanien inférieur suivant le processus désormais connu (pli secondaire, voir fig. 8 Pl. 8) ; des recherches faites en cet endroit ont mis à jour des bancs carbonneux qui semblent appartenir, au moins en partie, à ce Stéphanien inférieur, encore que les fossiles soient trop rares pour l'affirmer avec certitude.

A Gagnières, les niveaux productifs à *Mixoneura*, en position normale sur les schistes à Esthéries, renferment le faisceau des demi-gras de Gagnières (voir p. 12). Mais, sous ces mêmes schistes à Esthéries, les travaux partant du puits Parran ont découvert et exploité le faisceau des anthracites, dont certaines couches présentent des relèvements en crochons. Ce dernier gisement est abandonné depuis longtemps, mais il est encore possible de retrouver, sur le terril en face du puits Julien, des fossiles en bon état provenant des anthracites ; parmi ceux-ci, *Cordaïtes lingulatus* G.E. (déterminé par Paul Corsin). *Pecopteris cyathéoides* etc., sur des schistes micacés. Le faisceau en question paraît donc au moins contemporain de la zone 5.

COUPE 5.

Sur la coupe 5, nous voyons se développer le faisceau de Lalle, correspondant à celui de Bessèges supérieur auquel il se raccorde. Comme précédemment, j'ai placé au-dessus de la zone 4 de Lalle une couverture de « h5 » en contact sédimentaire. En effet, en descendant du Castellas en direction des écoles de Bessèges, après avoir quitté les schistes à Esthéries j'ai traversé une région de grès massif avec quelques bancs de conglomérat. *Pecopteris polymorpha* Br, si abondant à Bessèges, n'est pas très commun, tandis que l'on recueille d'assez nombreux échantillons de *Cordaïtes lingulatus* G. E. La flore et la lithologie paraissent donc s'accorder pour classer ces niveaux dans une zone nettement supérieure à celle de Bessèges. D'ailleurs Paul Bertrand notait, dans un rapport inédit sur une « excursion » : « l'on rencontre au passage certaines couches de Lalle qui correspondent aux couches les plus élevées de Bessèges et même à des couches encore plus élevées (seraient à revoir) ».

Plus à l'E, l'accident de Gagnières, en combinaison avec des failles tertiaires, fait affleurer le stérile de Gagnières à Esthéries. Le puits du Malagra fut foré anciennement à travers cette formation, dans l'espoir de retrouver en profondeur les couches de Lalle, et prolongé par un sondage. La flore et la faune recueillies lors du fonçage furent examinées par Vedel, qui publia le résultat de ses travaux dans le Bulletin de la Société des Sciences Naturelles de Nîmes (74). De 0 à 315 m, il note une succession monotone de schistes miroités et de grès fins, avec des Esthéries et de rares empreintes végétales. A 315-316 m, 1 m de brouillage. De 315 à 466 m, on trouverait encore des grès fins et des schistes, marqués de temps à autre « miroités », mais renfermant une flore nettement plus abondante et quelques filets de houille. Vedel mentionne *Pecopteris abbreviata* Br., *P. schlotheimi* Goepp., *Callipteridium* Br., *Dictyopteris neuropteroides* Gutb., *Dicranophyllum gallicum* G. E., *Lepidodendron elongatum*. A partir de 466 m apparaissent les « grattes » qui, jusqu'à 850 m, alternent avec des grès et schistes ; la flore devient plus abondante et Vedel note la présence de nombreux *Pecopteris*, qu'il classe *P. cyathea* Br., *P. oreopteridia* Br., *P. candollei* Br., *P. pluckeneti* Schl., *P. arborescens* Schl., etc ; d'*Alethopteris grandini* Br., *A. aquilina* Br. ; de *Cordaïtes* assez nombreuses mais dont l'espèce n'est pas précisée.

Il est hors de doute que la partie inférieure à 466 m correspond à la zone 5 ; au-dessus de 315 à 466 m, il s'agit peut-être de zone 4.

Enfin, à partir du Souot, le faisceau des demi-gras de Gagnières se place au-dessus des schistes à Esthéries.

La structure de la région au N de la Cèze dépend donc essentiellement de trois accidents principaux :

— l'accident de Bessèges, qui se place à la base du faisceau de

Lalle. J'ai cru devoir lui attribuer les failles inverses qui s'alignent sur son prolongement, et parallèlement à la direction des grands mouvements antétriasiques ; l'une est responsable de l'affleurement, à l'W du Mas Bleu, d'un lambeau de micaschiste (1) ; les deux autres limitent à l'E les faisceaux de Cros Combelongue et de Garde Giral

— l'accident de Gagnières, que l'on aperçoit, sur toutes les coupes à la base des schistes à Esthéries de zone 1 superposés par chevauchement à la zone 5.

— un pli faille secondaire, que j'ai nommé pli du Souterrain, amenant à nouveau la zone 5 sur la zone 1 ou 2, à l'E du gisement du Souterrain, à la Crouzille, aux Vigès.

Sur le parallèle de Gagnières, l'amplitude du pli de Gagnières est notable, puisque le déplacement horizontal qu'il détermine est au moins de 3 km (distance des anthracites de Gagnières à la limite occidentale des schistes à Esthéries). Le pli de Bessèges par contre est plus modeste et ne prend quelque importance réelle que vers la vallée de la Cèze.

Pourquoi rencontre-t-on des niveaux productifs à *Mixoneura* au Souterrain, non loin des Pilhes (couche Doulovy) et probablement aux Vigès, c'est-à-dire apparemment à la base de la nappe des schistes à Esthéries ? Trois explications peuvent être proposées :

a) Il existe des niveaux productifs à la base du Stéphanien inférieur. Localement, ce n'est pas impossible, mais nulle part on ne connaît de tels niveaux, même en des points où les schistes fissiles de zone 1 reposent normalement sur le socle (sondage de la Minette).

b) ces gisements correspondraient à une retombée voisine de la tête du pli de Gagnières et se trouveraient ainsi pris entre le flanc inverse, devenu surface de glissement, et les schistes à Esthéries auxquels ils étaient primitivement superposés. Admissible pour la couche Doulovy, connue sur une étendue restreinte, et au voisinage de laquelle semble se dessiner une semblable retombée.

c) Dans la nappe de Gagnières, avant la formation du pli secondaire du Souterrain, l'épaisseur des schistes de zone 1 allait en diminuant d'E en W et devenait finalement faible (voir un phénomène analogue pour « h3 » le long de l'accident de Bessèges sur la coupe 8), les niveaux de zone 2 étant alors voisins de la surface de chevauchement. C'est le pli secondaire du Souterrain, rapprochant deux parties différentes de cette nappe, qui donne l'illusion de la présence de bancs charbonneux à *Mixoneura* à la base du stérile de Gagnières.

C'est, je crois, le plus vraisemblable.

Enfin, je ne possède que des renseignements incertains sur les anciens puits et sondages de Sauvas, des Avelas etc. Quelques-uns ont recoupé le Houiller sous le Trias, mais sans avoir rencontré, semble-t-il, de gisement exploitable. Peut-être de nouvelles recherches seront-elles reprises un jour, sous la couverture secondaire.

REGION DE BESSEGES A ROCHESSADOULE ET AU MARTINET.

Sur la carte géologique de la Pl. 1, nous voyons encore l'assise de zone 5 d'Arcas-Feljas en bordure des micaschistes.

Près de Bessèges, l'assise supérieure de Bessèges (zone 4) lui succède à l'E ; en descendant vers Rochessadoules, puis le Martinet, appa-

(1) Lambeau marqué comme « micaschiste » sur la carte géologique au 1/80.000 2^{me} édition. Il s'agit peut-être de micaschiste, et au moins sûrement de brèche à micaschiste.

raissent successivement les niveaux de Bessèges inférieurs (zone 3), puis ceux de Crouzoul (zone 2).

Enfin le réseau de failles tertiaires allant de La Cèze aux puits de l'Arbousset et Pisani rejette le Carbonifère sous les formations secondaires, sauf vers le S où le Houiller de zone 2 du Martinet se raccorde à celui du Mercoiroul.

La physionomie du bassin se modifie sensiblement par rapport à la région au N de la Cèze : la cuvette de Bessèges s'ouvre, tandis que le Stéphanien inférieur se trouve recouvert par une épaisseur notable de terrains secondaires.

Les niveaux à *Cordaïtes* de zone 5 reposent toujours sur les mica-schistes de la bordure. En plus de quelques affleurements mal connus (les exploitations du « Feljas » n'apparaîtront qu'un peu plus au S), ils renferment, à l'E d'une faille inverse que j'ai nommé *accident de St-Charles* et que j'attribue à un pli-faille secondaire, le pli de *St-Charles*, un ensemble de petites veines très disloquées, la *lentille St-Charles*, dont Marsaut figure plusieurs coupes à l'échelle 1/2.500. (54, atlas, coupes 35 à 38). Ce gisement était jusqu'alors classé en zone 4, mais l'abondance des échantillons de *Cordaïtes lingulatus* que j'ai recueillis au deuxième niveau du puits Grangier, sur un affleurement, me le fait considérer comme faisant partie de l'assise d'Arcas Feljas de zone 5.

Séparé des veines de *St-Charles* et de la zone 5 par l'*accident de Bessèges*, le faisceau de *Bessèges supérieur* comprend un ensemble de couches régulièrement inclinées à 30° vers l'E (voir p. 13), dont certaines montrent par endroit un rebroussement assez brusque à la partie inférieure (1).

Paul Bertrand n'avait fait à Bessèges qu'une assez courte visite. Il a noté :

Pecopteris polymorpha Br. au toit de *Ste-Mathéa* et de *St-Auguste* petite couche.

Pecopteris arborescens Schl., *P. pluckeneti* Schl., *P. polymorpha* Br. abondant, *Cordaïtes lingulatus* G. E. au toit de la grande couche *St-Auguste*.

Pecopteris polymorpha et toit gréseux à calamites à *Ste-Barbe* avec *Asolanus camptotaenia* Wood,

Pecopteris lamurensis Heer., *P. polymorpha* Br., *Asolanus camptotaenia* Wood à *St-Félix*,

P. lamurensis Heer., à *St-Denis*.

Nous avons effectué sur ce gisement de nouvelles recherches, rendues difficiles par le manque d'affleurement dégagé ; il faut se rendre dans les quelques travaux où le toit se trouve entamé pour récolter des échantillons.

Voici ce qu'on peut ajouter au rapport de Paul Bertrand :

un travers banc qui recoupait les deux veines *St-Auguste* a rencontré au toit d'un filet *Alethopteris grandini* Br., abondant. Sur le chemin

(1) Ces crochons étaient considérés comme entraînement dûs au charriage de la zone 1 sur le faisceau de Bessèges. Ce sont, soit des témoins de la charnière du pli de Gagnières, soit des charnières de plis secondaires du genre de celui représenté fig. 4, Pl. 8.

de l'hôpital ; le long d'un ruisseau, 50 m après avoir quitté la route de Peyremale, on suit un des rares beaux affleurements de la région, au voisinage duquel se voient des schistes violacés et micacés rappelant ceux des assises du Feljas et contenant *Pecopteris arborescens* Schl., *Alethopteris grandini* Br. commun, un fragment incertain de *Cordaïtes* et de *Callipteridium*. Il s'agit probablement là de l'affleurement des couches St-Auguste.

Une descenderie en réparation en couche Ste-Barbe nous a montré *Pecopteris lamurensis* Heer abondant au mur. Une veine qui affleure un peu au-dessous de celle que nous venons de signaler sur le chemin de l'hôpital nous a livré également *P. lamurensis*.

Au deuxième niveau du puits Grangier, la couche Ste-Barbe contient *Pecopteris lamurensis* Heer., *P. cyathea* Schl., *P. arborescens* Schl.

Enfin une petite recherche sur St-Emile, au deuxième niveau, a mis à jour des échantillons de *Pecopteris lamurensis* Heer et *Zygopteris erosa* White.

En résumé, partout dans les couches de Bessèges on note la rareté de *Cordaïtes lingulatus* G. E., la très grande abondance de *Pecopteris polymorpha* Br. ; des bancs à *Pecopteris lamurensis* alternent avec des niveaux à *Alethopteris grandini*. Ce sont bien là les principaux caractères de la zone 4. Les couches inférieures à St-Auguste appartiennent peut-être cependant à la zone 3, limitée par définition au premier niveau à *Alethopteris*.

A l'E du faisceau de Bessèges, affleurent les terrains secondaires effondrés par les failles de l'Arbousset et de Robiac. Sous la couverture, certains travaux de Bessèges auraient retrouvé les schistes à Esthéries, prolongement du Stéphanien inférieur du Castellans et du sommet du puits du Malagra. A l'extrémité orientale de la coupe n° 6, on remarquera un dernier lambeau du gisement de Gagnières appartenant à la zone 2 et normalement superposé aux schistes à Esthéries.

COUPE 7.

La coupe 7 présente une structure comparable à celle de la précédente. Deux faits nouveaux apparaissent :

1°) Au-dessous du faisceau de Bessèges naît un nouvel ensemble de veines, dont cinq sont exploitées et numérotées de 1 à 5 ; c'est le faisceau de Bessèges inférieur ou de l'Arbousset inférieur (voir p. 12) Au toit de ces couches, Paul Bertrand a recueilli *Pecopteris polymorpha* Br. très abondant, *Pecopteris lamurensis* Heer, *Asolanus camptotaenia* Wood. Les recherches que nous avons effectuées dans ce secteur n'ont fait que confirmer ce résultat. La fréquence de *Pecopteris lamurensis* associé à une grande abondance de *P. polymorpha*, l'absence de *Miconoura* (malgré une « exploration très soignée » de Paul Bertrand) et d'*Alethopteris*, on fait classer ce faisceau en zone 3.

2°) Nous avons exploré, au voisinage des couches nommées « Trias », entre le puits de Brissac, les hameaux de Lafont et de l'Arbousset, quelques affleurements et bancs fossilifères. Les couches Trias se trouvent au toit du faisceau de Bessèges et l'on pouvait penser rencontrer là des espèces de St-Etienne entre autres *Alethopteris grandini* Br. Bien au contraire, *Pecopteris polymorpha* Br. est très abondant, *Pecopteris lamurensis* Heer commun. Les veines Trias doivent donc être placées en zone 3 ou à la base de la zone 4.

Or la cuvette de Bessèges est un synclinal dyssymétrique dont la structure se rapproche de celle des gisements étudiés plus haut au N de la Cèze, compliqué de plis secondaires, (voir pl. 2 et Marsault, n° 54 atlas, coupe 27 bis). Les couches

Trias seraient une réapparition en surface, à l'E d'une charnière, de veines appartenant à la zone 3 ou à la partie inférieure de la zone 4.

3°) On aperçoit, sous le faisceau de Bessèges, d'autres veines au mur de toutes les précédentes, dénommées alpha, B, C, D, au toit desquelles M. Livet (40, p. 447) mentionne une flore de St-Etienne avec *Cordaites lingulatus* G. E., *Alethopteris grandini* Br., *Odontopteris reichi* Gutb., *Callipteridium pteridium* Schl., *Pecopteris lepidorachis* Br. Ce sont les assises d'Arcas-Feljas de zone 5, auxquelles les couches de Bessèges sont anormalement superposées.

COUPE 8.

Au voisinage des failles de l'Arbousset et de Robiac, on aperçoit toujours les assises d'Arcas-Feljas surmontées des faisceaux de zone 3 et de zone 4 appelés ici *Arbousset inférieur* et *Arbousset supérieur*.

La coupe 8 est cependant d'un grand intérêt.

1°) L'importance des effondrements tertiaires à l'E du gisement de Bessèges-Arbousset ressort nettement.

2°) Elle figure le sondage du Sanguinet, fait pour reconnaître les couches de Molières entre Gagnières et Molières, localités où furent exploitées des couches à *Mixoneura* de zone 2.

Placé sur l'alignement du puits Varin de Molières et des puits de Gagnières, le sondage devait, selon toute probabilité, recouper un ensemble de veines à *Mixoneura* exploitables. Cet ouvrage toucha les terrains houillers de zone 3 à la cote — 188, puis à la zone 2 à — 271, et les schistes à Esthéries à — 556. Il resta dans cette dernière formation jusqu'à — 1517 et fut arrêté à — 1527 après avoir traversé 10 m de grattes. Selon Paul Bertrand (10), les horizons caractéristiques de Molières furent reconnus dans le sondage et les veines classées avec précision. Mais celles-ci se trouvaient schistifiées ou réduites à l'état de filets.

Ceci s'explique si l'on admet qu'entre Gagnières et Molières il y a, non plus continûment, mais un pli que j'ai nommé pli de Molières (voir p. 24).

3°) Les terrains de zone 5 affleurant dans la partie occidentale de la coupe se trouvent partagés en deux groupes et séparés par un lambeau de zone 3. En effet :

Les mines de Tréllys ont déhouillé des couches placées sous le village de Tréllys, appelées « ancien Feljas » ; inclinées à 20° vers l'E, ces veines s'applatissent à une certaine distance de leur affleurement pour se relever ensuite, plus ou moins violemment plissées au cours de leur remontée. Les affleurements et les déblais fournissent *Cordaites lingulatus* G. E. Paul Bertrand qui a visité ces travaux en activité, note la présence, dans la couche n° 1 d'ancien Feljas, de *Pecopteris arborescens* Schl., *P. lepidorachis* Br., *P. daubreei* Zeiller, *Alethopteris grandini* Br., *Odontopteris reichi* Gutb., *Cordaites lingulatus* G.E.

Plus à l'E, l'exploitation portait sur les veines A, B, C, D, dans lesquelles Paul Bertrand signale *Cordaites lingulatus* G. E. « abondant partout », *Alethopteris grandini* Br., *Pecopteris cyathea*, *P. arborescens* Schl., *P. lepidorachis* Br., *P. hemiteioides* Br., *Callipteridium pteridium* Schl., *Odontopteris reichi* Gutb., *Neuropteris cordata* Br. Ces espèces ne laissent aucun doute sur leur appartenance à la zone 5. Mais il n'a jamais été possible de réunir les couches A, B, C, D à celles du village de Tréllys et ce faisceau reçut le nom de nouveau Feljas.

M. Georges Livet place un charriage entre ancien et nouveau Feljas. Il paraît bien exister effectivement une séparation d'origine tectonique entre les deux. Près de la limite se trouve en effet, une couche appelée « dressant » qui fut l'objet de quelques recherches. Au voisinage de cette veine affleurant, à 200 m environ, au NNW des ventilateurs de l'Arcas, dans un coude de la route allant du Martinet à Rochessadoule, des bancs de schistes où foisonne *Pecopteris polymorpha* Br., et, par endroits, *Pecopteris lamurensis* Heer. Ces niveaux ne peuvent en aucune manière être classés en zone 5 ; il faut admettre la présence d'un lambeau de zone 3 ou de la base de la zone 4 au milieu des assises du Feljas, lambeau dont l'apparition ne s'explique que par un pli, que je nommerai *Pli de l'Arcas*. Dans ces conditions, il n'est nullement surprenant que jamais l'on n'ait réussi à relier ancien et nouveau Feljas.

Nous rappellerons que Paul Bertrand avait noté, dans la couche 1 de l'an-

cien Feljas, un échantillon de « *Pecopteris néolamurensis* ». Il s'agit vraisemblablement d'échantillons de *P. lamurensis* provenant du lambeau de zone 3 dans laquelle certains travaux auraient pénétré, en raison du caractère tourmenté du gisement près de la limite des deux Feljas.

Aux limites E et W de ce lambeau de zone 3, on reconnaît sur le terrain la présence de failles tertiaires minéralisées.

COUPE 9.

Le faisceau de l'ancien Feljas n'existe plus, seuls restent visibles celui de l'Arcas ou nouveau Feljas.

A l'E de l'accident de Bessèges, l'assise inférieure de Bessèges affleure maintenant largement. Mais, entre les faisceaux de l'Arbousset inférieur et supérieur (1) vient s'intercaler en coin celui de Crouzoul (voir p. 12).

Les couches de l'Arbousset inférieur manifestent une tendance à se relever à l'E; sur les plans de mine, certaines branches sont notées « relèvement ». Il en est de même de certaines veines de l'Arbousset supérieur. Ceci laisse supposer l'existence d'un anticlinal dont la zone 2 occuperait la charnière. Le flanc oriental de cet anticlinal est coupé par la faille de Robiac; cet accident, effondrant les terrains vers l'E, met ainsi en contact les niveaux à *Mixoneura* avec ceux de l'Arbousset supérieur.

COUPE 10.

Le faisceau de l'Arbousset inférieur de zone 3 a disparu, remplacé entièrement par celui de Crouzoul qui vient au contact à l'W, de la zone 5, à l'E, des niveaux de l'Arbousset supérieur. L'accident de Bessèges bute en profondeur contre la faille de l'Arbousset et sa trace ne se voit pas en surface.

Les travaux faits dans les couches de l'Arbousset supérieur ont touché en quelques points le *stérile de Gagnières* (h1); mais ce dernier est assez mal connu; on ne sait, en particulier, sur quoi il repose exactement. Quoiqu'il en soit, il s'enfonce en direction de Molières; là un très riche gisement le surmonte (voir région de Molières p. 34).

De la vallée de la Cèze au Martinet, l'architecture d'ensemble ne diffère essentiellement de ce que nous avons observé plus au N, et reste dominée par des deux grands plis failles de Bessèges et de Gagnières.

Entre le puits Grangier et la Chapelle St-Laurent, le premier superpose un faisceau de zone 4 à l'assise du Feljas de zone 5 : puis, à mesure que l'on s'éloigne en direction de l'Auzonnet, son amplitude croît, et le faisceau de l'Arbousset inférieur de zone 3, puis celui de Crouzoul de zone 2, se trouvent pris dans le mouvement. Un anticlinal secondaire fait que ce dernier faisceau, au lieu d'apparaître à la base de celui de l'Arbousset inférieur, semble s'insérer entre zone 3 et zone 4. D'autres plis failles secondaires, ceux de St-Charles et de l'Arcas, existent à l'W du pli de Bessèges : l'un donne naissance à la lentille St-Charles, l'autre sépare Arcas ou nouveau Feljas de l'ancien Feljas et laisse entre ces deux gisements un témoin de schistes à *Pecopteris lamurensis* Heer (analogue au synclinal du Souterrain pris entre des terrains de zone 5, décrit p. 26).

Une série de grandes failles tertiaires, que l'on suit depuis les abords du puits de Robiac jusqu'à ceux du puits de l'Arbousset, effondre vers l'E l'ensemble des terrains houillers et fait affleurer les formations

(1) Je rappelle que, dans l'ancienne concession de Trélys, les assises de Bessèges prennent le nom d'Arbousset.

secondaires, Trias ou Jurassique. L'accident de Gagnières ne se voit donc nulle part en surface ; mais tous les travaux qui, partant des gisements de Bessèges, Rochessadou, l'Arbousset, se sont dirigés à l'E, ont pénétré dans les schistes à Esthéries de zone 1 ; le travers banc Créal-Molières, entre autres, les a traversés sur plusieurs centaines de mètres, avant d'aboutir à la base du faisceau des anthracites de Molières. Ce dernier occupe une position équivalente à celle des couches grasses de Gagnières. L'existence du second grand pli faille ne saurait donc être mise en doute. Une seule réserve doit être faite : le pli de Gagnières est ou bien continu depuis le N du bassin jusqu'à la vallée de l'Auzonnet, ou bien formé par un *pli de Gagnières* proprement dit au N de la Cèze, relayé par un *pli de Molières* au S.

REGION DE MOLIERES.

Au S de Molières et des Brousses affleurent des niveaux houillers de zone 3 formant un îlot de moins de 2 km² au milieu des terrains secondaires, sous lesquels se poursuit assez loin l'exploitation.

Sur la **PARTIE ORIENTALE DE LA COUPE 10**, la structure du gisement de Molières apparaît des plus simples :

les conglomérats à galets de micaschiste recoupés par le sondage du Sanguinet au mur des schistes à Esthéries laissent penser que ceux-ci reposent sur le socle : ils sont eux-mêmes surmontés du faisceau des anthracites (voir p. 12) de zone 2, puis du faisceau de St-Jean inférieur (voir p. 12) de zone 3 : tout cet ensemble est très régulièrement incliné vers l'E.

Malgré la richesse du gîte, je ne crois pas utile de décrire plus longuement la région de Molières, et je me borne à reproduire sur la coupe 11, à plus grande échelle, l'aspect des travaux de la mine.

VALLEE DE L'AUZONNET.

A l'W du Martinet, au S et au N du hameau de Crouzoul, l'assise de zone 5 prolonge, quoique réduite en largeur, les niveaux à *Cordaïtes* que nous connaissons le long de la bordure cristalline depuis Pigères, Bessèges, Rochessadou. Elle est limitée à l'E par des bancs à *Mixoneura* (h2) ; l'ensemble s'enfonce au milieu des micaschistes du Rouvergue pour former ce que l'on désigne souvent sous le nom de « golfe de Crouzoul ».

Les terrains secondaires que l'on voit affleurer à l'E de l'Arbousset n'atteignent pas le Rouvergue, et, entourant cet éperon cristallin, les formations à *Mixoneura* de Crouzoul rejoignent celles de Gournier, du Lauze et de Mercoirol. Un dernier lambeau de « h4 » les surmontant au voisinage du puits Pisani et au S du ventilateur de l'Arbousset.

Au Rouvillon, et jusqu'un peu à l'W du puits de St-Florent, les marnes triasiques occupent la surface et le Carbonifère, de zone 3 ou 4 cette fois, ne reparait que dans l'*îlot de St-Jean*, en forme de triangle qui se termine en pointe vers la Nougarede.

La **COUPE n° 12** suit la vallée de l'Auzonnet et montre bien le

passage des gisements de la bordure occidentale à ceux de St-Florent et St-Jean, eux-mêmes prolongements des quartiers de Molières.

A l'extrémité W subsiste un dernier lambeau stéphanien moyen appartenant à l'assise d'Arcas. Il est bordé à l'E par les niveaux de Crouzoul de zone 2, qui le chevauchent grâce au pli de Bessèges (la faille de l'Arbousset ne permet pas ici d'observer en surface la trace de l'accident de Bessèges). Nous avons vu apparaître le faisceau de Crouzoul entre ceux de l'Arbousset inférieur et supérieur sur la coupe 9 (voir p. 33), alors qu'il eût dû se placer à la base de la zone 3 (Arbousset inférieur). J'ai expliqué cette anomalie par la présence d'un anticlinal secondaire. Un tel anticlinal est bien visible au fond du puits Pisani.

A l'E des couches de Crouzoul, on exploite celles du puits, et celles des Esteyraings, toujours à flore de *Mixoneura*. Il est possible qu'entre ces groupes, au moins entre les quartiers du puits et des Esteyraings, existent des plis failles, d'importance limitée.

Enfin, les travers bancs partant du puits Pisani pour se diriger vers St-Florent pénètrent, en quittant les travaux des Esteyraings, dans les schistes à Estéries. Là débute la série régulière de St-Florent-St-Jean, avec :

à la base, la zone 1 (schistes à Estéries 400-500 m),

puis la zone 2 (anthracites de St-Florent 400 m),

la zone 3 (faisceau de St-Jean inférieur 1.000 m),

la zone 4 (faisceau de St-Jean supérieur 500 m environ jusqu'au Trias).

C'est le prolongement du gisement de Molières (les anthracites de St-Florent correspondant à ceux de Molières), couronné par l'assise de St-Jean supérieure qui se trouve érodée plus au N.

Les schistes à Estéries, à la base de cette énorme épaisseur de terrain houiller, chevauchent les niveaux à *Mixoneura* des quartiers voisins du puits Pisani ; de même que des formations analogues de la série de Molières venaient se placer (voir coupes 6 à 10) sur le faisceau de l'Arbousset supérieur de zone 4.

Enfin la région de St-Jean est affectée par plusieurs accidents :

la *faille de Couze*, bordant au S l'îlot de Molières qui se manifeste dans les exploitations par une vaste flexure coupée de multiples petites failles, appelée *selle de Couze*.

un accident limitant au N l'îlot de St-Jean, peu incliné sur l'horizontale, qui se traduit dans les travaux par une flexure moins prononcée que la précédente.

une troisième faille, orientée cette fois NNE, effondrant le Houiller de St-Jean sous les marnes triasiques de St-Florent, et qui paraît correspondre à la *faille de Panissières* relevée plus au S du milieu des terrains jurassiques et figurée sur la carte géologique d'Alès.

Ces trois accidents sont tertiaires : mais il en existe deux autres, connues comme des failles franches dans les exploitations de St-Jean, et qui semblent avoir joué d'une façon importante avec le dépôt du Trias :

la faille du Carral, qui met en contact, près de Pommier, les affleurements des couches St-Alfred et St-Louis, distantes de 250 m en verticale dans les travaux.

la faille de la rivière, juxtaposant près de Combe Feral les veines Fuzide et « du puits » avec les couchettes situées entre Ste-Clémentine et St-Alfred ; ce qui correspond à un rejet de 200 m environ.

Comme il n'est pas possible de leur attribuer un tel rejet dans les formations secondaires, je les considère principalement comme anté-triasiques.

La partie méridionale de la vallée de l'Auzonnet est mal connue ; seules les coupes 13 (Pl. 3) et 24 (Pl. 4) nous donnent quelques renseignements à ce sujet.

La coupe 13 est faite à travers le faisceau du Mercoirol, jadis exploité par galeries dans la bande carbonifère de zone 2 comprise entre le flanc oriental du Rouvergue et la faille de Mercoirol ; on observe quelques couches assez irrégulières. A la base de ce faisceau, en reposant sur le socle par l'intermédiaire de brèches à éléments de micaschistes, se place une quinzaine de mètres de grès sans fossile, précédemment considéré comme témoin d'un « autochtone » de zone 5 laminé et raboté. Je crois qu'il s'agit plus probablement de la partie inférieure des niveaux à *Mixoneura*, en contact normal avec le socle.

La coupe 24 rend compte du résultat surprenant du sondage de Panissières. Entre ce dernier et les la mine de St-Jean, distante à vol d'oiseau de 1,5 km à peine, il faut admettre une dénivellation des couches de 1.000 m. Un pli ou un grand accident anté-triasique peut seul expliquer ceci. Il n'est pas orienté N-S, parallèlement aux principaux plis failles qui nous avons rencontrés, car il traverserait le gisement même de St-Jean. Je le crois plutôt dirigé SE-NW. En effet, prolongé vers le NW, ce Pli de Panissières passe par le Lauze, le Martinet, pour aboutir à Courcoulouze. Or :

le faisceau de Mercoirol n'est raccordé ni à celui des Esteyraings, ni à celui du puits.

au N du Lauze, entre deux murs de grès, sont visibles des veines exploitées aux affleurements et verticales ; tandis qu'aux environs de ce hameau, des schistes fissiles à *Estheria cebennensis* G. E. se montrent en quelques points, apparemment sous les couches de Mercoirol.

de Courcoulouze au Martinet, la limite de la zone 5 et des micaschistes, sensiblement N-S depuis l'extrémité septentrinale du bassin, s'infléchit brutalement au SE. En suivant cette limite, on ne voit pas trace de faille, mais les bancs offrent un pendage de 45° environ vers le NE.

Ce pli de Panissières serait, en partie au moins, responsable de la surrection de l'éperon cristallin du Rouvergue. Sa présence explique également la formation du golfe de Crouzoul : les terrains houillers, fortement relevés au SW du Martinet, se sont trouvés en grande partie érodés, et seule a subsisté la partie la plus profonde, voisine de la charnière du pli de Bessèges.

Tout ceci montre que ce mouvement est postérieur aux plis failles de Bessèges et de Gagnières.

De nouvelles précisions seront fournies par les travaux lorsque ceux-ci s'étendront au S des exploitations actuelles.

Dans la vallée de l'Auzonnet, nous distinguerons :

— une région occidentale, constituée principalement par des terrains de zone 2 chevauchant au dernier lambeau de l'assise d'Arcas à Cordaites, et compartimentés eux-mêmes en plusieurs gisements. Quelques niveaux appartenant à la série de l'Arbousset les surmontent, dont les affleurements, sur la carte de la Pl. 1, ont été prolongés jusqu'aux micaschistes : j'ai recueilli en effet une flore, au voisinage de la bordure cristalline, qui ne peut être attribuée à la zone 2. Ces niveaux de l'Ar-

bousset, bien que marqués « h4 », renferment presque certainement, à la base, des bancs de zone 3 ; mais la distinction est difficile à faire en raison du peu d'étendue des affleurements.

— une région orientale, dont la partie inférieure est constituée par des schistes à Esthéries chevauchant sur une petite étendue les faisceaux de zone 2 précédents, (pli de Gagnières ou de Molières), et qui renferme, régulièrement superposés, les anthracites de St-Florent (équivalents à ceux de Molières), les faisceaux de St-Jean inférieur et supérieur ; l'ensemble se présentant comme le prolongement du gisement de Molières.

Un pli, orienté SE-NW, que j'ai nommé *Pli de Panissières*, passant entre la mine de St-Jean et le sondage de Panissières, se dirigeant de là vers Courcoulouze, relève fortement les terrains houillers au S de la vallée. Responsable de la surrection du Rouvergue, il est antétriasique mais postérieur aux grands plis failles de Bessèges et de Gagnières.

Bassin de la Grand'Combe.

CUVETTE DE PORTES-LA-VERNAREDE.

Nous appellerons ainsi, plus précisément, la région du bassin à l'W d'une ligne la Grand'Combe-Le Pontil-Rouvière.

C'est un espace d'une trentaine de km², que les terrains houillers de zone 6 et 7 occupent en majeure partie. A l'W, l'assise de Ricard affleure en une bande étroite contre la bordure cristalline. Au SW, le Carbonifère se trouve recouvert par le Trias et le Jurassique de la Grand'Combe, Branoux, Gravelongue.

La **COUPE 20** (Pl. 4) montre l'horizon de *Grand'Baume* (zone 6, voir p. 15) surmonté de l'horizon de *Champclauson* (zone 7). Le tout est régulièrement plissé en forme de cuvette (d'où le nom de « cuvette de Portes-la-Vernarède »), sauf vers le SE, où les couches Grand-Baume et Abylon sont brutalement plissées et renversées le long des *Dressants de Malpertus*.

Les autres coupes longitudinales, dans leur partie septentrionale, présentent une allure semblable :

COUPE 19.

Presqu'identique à la précédente.

COUPE 21.

Les horizons de Grand'Baume et de Champclauson sont toujours régulièrement plissés en cuvette, mais le dressant de Malpertus n'est plus visible.

Sous la couche Grand'Baume apparaît par contre un nouveau faisceau, classé en zone 5 (voir p. 15), celui de Ricard.

COUPE 22 et COUPE 23.

L'horizon de Champclauson n'existe plus ; celui de Grand'Baume est en partie recouvert par le Trias. Les couches de Ricard existent probablement, indiquées en tirés sur la coupe, mais ne sont pas exploitées.

Les coupes transversales complètent les premières et mettent en évidence quelques faits nouveaux :

COUPE 14.

Nous apercevons toujours les horizons de Champclauson et de Grand'Baume : mais on remarquera que, dans le sens transversal, la cuvette de Portes est dyssymétrique, le flanc oriental manquant presque complètement ici.

COUPE 15.

Sur cette coupe, la couche Champclauson présente vers l'E un relèvement brutal comparable à celui des dressants de Malpertus ; au-delà, c'est le gisement de Broussous de zone 5, d'allure complètement différente, et que nous examinerons plus loin. (voir p. 43).

COUPE 16.

Les couches de Ricard apparaissent au-dessous de Grand'Baume et au fond du puits du Gouffre. A l'E se place toujours le gisement de Broussous de zone 5.

La cuvette de Portes-la-Vernarède se présente comme une succession régulière de niveaux appartenant aux zones 5, 6 et 7, plissés en forme de cuvette dont seul le bord oriental serait incomplet. L'assise de Ricard de zone 5 est connue dans la partie méridionale ; en contact avec le socle. Les horizons de Grand'Baume et Champclauson la débordent vers le N et viennent alors à leur tour reposer sur les micaschistes.

Au SE, les veines Grand'Baume et Abylon sont brutalement redressées et renversées, formant les *dressants de Malpertus*. Au puits de la Forêt, le mouvement a l'aspect d'un pli déversé dont la tête et une partie du flanc normal sont conservées (fig. 9 b, Pl. 8). A mesure que l'on s'éloigne vers le NE, l'amplitude croît, et la partie supérieure du pli est érodée (fig. 9 a, Pl. 8) : la moitié inférieure du flanc déversé constitue les dressants. Il s'agit donc là d'un pli de style comparable à ceux que nous connaissons déjà, mais qui n'est pas allé jusqu'au pli faille ; et non point d'un entraînement par le massif charrié de Ste-Barbe : Je l'ai nommé pli de Malpertus.

Plus au N encore, la couche Champclauson montre également un rebroussement ; je crois qu'il s'agit du même accident, mais qui, cette fois, est devenu un vrai pli faille d'une amplitude relativement importante, puisque, plus à l'E, nous rencontrons le gîte de Broussous de zone 5.

Je ne crois pas utile de décrire la partie septentrionale de la cuvette de Portes, où les couches sont désignées sous d'autres noms, mais qui ne présente que peu d'intérêt pour la tectonique générale du bassin ; G. Livet (40) a établi la correspondance des quartiers de Portes et de la Vernarède avec ceux de la Grand'Combe ; le lecteur voudra bien se reporter au mémoire de M. Livet.

Je rappelle, par contre, que la région placée au SW du Gardon et recouverte en grande partie par le Trias fut explorée par quatre principaux sondages : (voir Pl. 9)

le sondage du *Moulin de Laffoux*, qui ne rencontre rien d'exploitable et pénètre dans les micaschistes à — 251.

le sondage de *Branoux*, arrêté à — 118 m après avoir recoupé deux filets de houille à la cote + 100.

le sondage de *l'Impostaire*, qui aurait touché la couche Pilhouse (40, p. 372) à + 71, mais fut arrêté à — 94, la présence d'une faille n'ayant pas permis de traverser la veine Grand'Baume.

le sondage de la *Pomarède*, qui aurait reconnu les couches de Ricard entre — 286 et — 310 (40, p. 380).

Mentionnons enfin quelques recherches sans grand résultat à l'W de Gravelongue, dites « de la Croix des Vents »

REGION A L'E D'UNE LIGNE LA GRAND'COMBE-LE-PONTIL-ROUVIERE.

Le long du Rouvergüe se situe une bande assez étroite de schistes et grès micacés et de conglomérats à *Cordaïtes lingulatus* G. E. classée en zone 5, puis, à l'extrême pointe de l'éperon cristallin, un petit lambeau où viennent à la surface des couches du faisceau de Laval, de zone 4 (voir p. 13).

Dans un triangle dont les trois sommets sont la Grand'Combe, Le Pontil et Roubiouse, ainsi que vers le puits du Mas Dieu, affleure l'assise de la Montagne Ste-Barbe, de zone 3 (voir p. 13). Enfin des niveaux à *Mixoneura* de zone 2 occupent l'espace entre Roubiouse, l'Antoinette et la Moulinotte, se raccordent aux gisements du Mercoïrol le long de la face orientale du Rouvergüe ; ils constituent de plus l'îlot houiller du Mas Dieu, à l'E du village de même nom.

Ailleurs, le Carbonifère est partout recouvert par les terrains secondaires.

La **COUPE LONGITUDINALE** 19 (partie S), montre les grands traits de la structure :

Nous avons vu que l'horizon de Grand'Baume se terminait par une brusque rebroussement dû au pli de Malpertus. A l'E de ce pli, une faille effondre les terrains et fait apparaître l'assise de la Montagne Ste-Barbe, où l'on exploite, comme nous l'avons vu p. 13, un faisceau de couches dénommées (de bas en haut) : Sans nom, le Pin, Airolle, Cantelade, Velours, Baraque, Portail, Plomb, Bosquet, Ste-Barbe et Anonyme. Au toit de ces veines *Pecopteris lamurensis* Heer est associé à *Pecopteris polymorpha* Br. très commun. *Asolanus Camptotaenia* Wood n'est pas rare, ainsi que *Lepidodendron*. P. Bertrand mentionne, çà et là, *Pecopteris arborescens* Schl., *P. unita* Br., *Linopteris neuropteroides* Goepp., *Odontopteris reichi* Gutb., *Callipteridium pteridium* Schl. La présence de cette flore justifie la classification en zone 3 de l'assise de la montagne Ste-Barbe. *Mixoneura* se trouverait même parfois en veine Sans nom si l'on en croit G. Livet, et P. Bertrand l'aurait observé en couche le Pin à la carrière du Mas Dieu. La base du faisceau de Ste-Barbe ne serait pas éloignée de la zone 2, à laquelle elle passe en continuité dans la région du mas de l'Antoinette ;

Sous la couche Sans nom, le sondage de Peyraube a montré l'existence d'une série schisto-gréseuse où prédominent des grès blancs, renfermant quelques couches de houille et peu de fossiles. Cette série affleure sur un assez large espace dans la région du Pradel, soit sur la bordure NE de l'assise de la Montagne Ste-Barbe. G. Livet considérerait ces terrains comme une écaille de zone 4 en position anormale sous la zone 3 du faisceau de Ste-Barbe proprement dit, écaille qu'il prolonge

geait au N jusqu'à l'Affenadou, et qu'il rattacha au S au gisement de Laval.

Voici mon opinion sur cette question :

— une partie au moins des formations marquées en zone 4 par G. Livet au N et à l'E du Pontil sont à rattacher à la zone 5. J'ai en effet récolté *Cordaites lingulatus* G. E. au coude formé par la route du Pradel à Portes, à 100 m à l'E du pont de l'Assise des trois Seigneurs, ainsi qu'au cimetière du Pontil, à 200 m environ au N du même pont.

— Au cours de plusieurs tournées aux environs du Pradel, j'ai pu recueillir quelques fossiles : *Pecopteris polymorpha* Br., un peu partout ; *Lepidodendron* vers le Mas Bouziges ; *Linopteris* cf. *neuropteroides* Goepf. et *Zygopteris erosa* White à l'W du Pradel. Deux lits à *Pecopteris lamurensis* enfin, l'un près de l'église du Pradel, l'autre à l'E de ce village.

Si l'on s'en tient à ces quelques espèces, il peut s'agir aussi bien de la base de la zone 4 que d'une formation immédiatement inférieure à Sans nom. Nous reviendrons plus loin sur ce problème.

Sous cet ensemble, le sondage de Peyraube retrouve une assise épaisse de 500 m à flore de St-Etienne, reposant sur le socle par l'intermédiaire de brèches de base, de zone 5 ou 6. Mais si l'on tient compte de la distance entre le socle et la couche Grand Baume aux quelques points où furent atteints les micaschistes dans la partie méridionale de la cuvette de Portes, de l'intervalle entre cette couche et l'horizon de Ricard au puits de même nom ; si l'on remarque que la puissance de la zone 5 ne fait qu'augmenter lorsqu'on se dirige du NW vers le SE, il faut considérer comme appartenant à la zone 5 la totalité de cette assise de Stéphanien moyen, trop peu épaisse pour que son sommet se place déjà en zone 6.

Une faille tracée sur la carte de l'Antoinette à l'église du Pradel, relayée par un autre accident passant par l'assise des trois Seigneurs, fait affleurer ces niveaux contre la bordure du Rouvergue (sur une carte à plus grande échelle, ce serait un réseau de faille).

On recueille *Cordaites lingulatus* G.E. en abondance au cimetière du Pradel. Plus au S, à 500 m de cette commune, une tranchée fut creusée durant la guerre 1914-18 par les prisonniers. Débutant en zone 3, cet ouvrage en franchit la limite et pénètre dans des schistes micacés à Cordaites.

A la base de l'assise de la Montagne Ste-Barbe se place donc un accident, l'accident de la Montagne Ste-Barbe, qui a pris naissance à partir du pli faille de Ste-Barbe, et qui superpose à une assise de zone 5, prolongement de celle de Ricard, une série de zone 3.

Une petite fenêtre laisse apparaître au milieu de l'assise de la montagne Ste-Barbe des schistes micacés et des grattes ; bien que très pauvres en fossiles, ces terrains sont considérés par P. Termier, G. Friedel et G. Livet comme autochtones, ce que nous admettrons volontiers. Cette *fenêtre de Sans nom* (ou de Peyraube), est en effet encadrée par les sondages de Peyraube et de St-Andéol qui, tous deux, ont touché les niveaux à Cordaites en profondeur.

Vers le S, le Trias vient recouvrir en surface l'assise de Ste-Barbe ; mais un accident fait à nouveau affleurer le Houiller à peu de distance à l'E de la ligne de coupe. Voici ce que l'on observe :

— La zone 3 se relève par l'effet d'un pli couché assez analogue au pli de Sans nom et qu'on voit bien dessiné sur le talus de la route entre le Trucal et Roubiousse. A Roubiousse et à l'W de l'Antoinette on recueille en abondance *Mixoneura flexuosa* G. E. Ce sont là des niveaux inférieurs au faisceau de Sans nom, mais faisant partie selon toute vraisemblance de la même unité tectonique, apparaissant de la même manière que le faisceau de Bessèges Arbousset inférieur sous le faisceau Bessèges Arbousset supérieur. Plus au S encore, un lambeau de zone 3 revient se placer aux environs du puits du Mas Dieu. Entre l'Antoinette et Roubiousse enfin, les niveaux à *Mixoneura* sont bordés à l'E par un terrain sans fossiles que G. Livet assimile à la zone 4 de Laval.

— Contre le bord du Rouvergue, on suit la zone 5 jusqu'au tournant de la route à 100 m au N de l'Antoinette ; là encore, P. Bertrand a recueilli *Cordaites lingulatus* G. E. dans des schistes micacés. Mais à la hauteur de l'Antoinette, à l'E de la route d'Alès au Pradel, se trouve en surface une formation renfermant quelques couches de houille que les travaux de mine ont reliés aux couches de Laval. Ce sont deux de ces couches de Laval, dénommées ici A et B, qui figurent sur la coupe non loin des micaschistes du socle. Dans ce dernier faisceau, P. Bertrand a mis à jour une flore caractéristique de la zone 4, avec alternance de lits à *Pecopteris lamurensis* Heer et de lits à *Alethopteris grandini* Br. En même temps apparaît çà et là *Cordaites lingulatus* G. E.

Nous verrons dans les coupes suivantes (voir p. 43, coupe 32) ces couches de Laval se rebrousser vers l'E. Au delà, il semble bien que ce soit la zone 2 qui se trouve au contact du socle ; en effet, entre l'Antoinette et la Tuilière, on observe parfaitement ses affleurements sur le talus de la route où *Mixoneura flexuosa* G. E. est commun ; plusieurs plis couchés se dessinent nettement et dans ces plis se trouvent pris des niveaux de conglomérats à galets de micaschistes.

COUPE 20.

Assez semblable à la précédente, la coupe 20 montre bien le pli couché de Sans nom, au S duquel est figuré de très récent sondage de St-Andéol. Cet ouvrage est un sondage intérieur, parti d'un travers banc à la cote 213, soit une vingtaine de mètres au-dessous des exploitations de la couche Sans nom ; il se proposait de reconnaître les veines de l'horizon Stéphanien moyen placé sous le système de Ste-Barbe. Jusqu'à la cote 85, il traverse des grès blancs coupés de lits schisteux, sans fossiles, et deux couches de houille au voisinage desquelles on recueille deux *Pecopteris*, des traces d'*Annularia*, de Calamites et de Sigillaires. A partir de ce niveau, il recoupe des bancs plus grossiers avec éléments de micaschistes. Vingt mètres plus bas, les lits fossilifères se multiplient, et l'on reste jusqu'à — 435 m. dans un ensemble schisto-gréseux avec quelques filets de houille, caractérisé par une flore renfermant *Cordaites lingulatus* G. E., *Alethopteris grandini* Br., *Callipteridium gigas* Gutb., *Odontopteris reichi* Gutb., *Dicranophyllum gallicum* G. E., *Pecopteris cyathea* Schl., *P. oreopteridia* Schl., *P. hemitelioides* Br., etc.

Nous retrouvons là des résultats comparables à ceux de la précédente coupe. c'est-à-dire la superposition de haut en bas de :

- faisceau des couches Sans nom et supérieure de zone 3.
- horizon gréseux peu fossilifère de 150 m environ,

— puissante assise de Stéphanien moyen, représentant vraisemblablement la zone 5 en place sur le socle.

Au S, la coupe 2 passe au voisinage du puits de Laval et du sondage n° 3 de Laval, montrant, comme précédemment, un faisceau de zone 4 reposant sur les micaschistes.

COUPE 21.

Nous n'apercevons plus ici qu'un dernier lambeau de l'assise de Ste-Barbe, absente aux deux sondages de Lascous et de l'usine à zinc encadrant la coupe.

Le sondage de l'usine à zinc a recoupé vers la cote — 453 une couche qu'on suppose être l'une de celles de Ricard. Il n'a pas touché le fond du bassin, mais des terrains très inclinés, annonce probable de la faille des Oules.

Le puits des Oules, sur la rive gauche du Gardon, découvre entre — 139 et — 162 des veines d'antracites considérées par M. Bertrand (cité par G. Livet, p. 378-379), comme étant les couches de Ricard ; c'est l'opinion des exploitants actuels, bien que ce gisement ne soit pas encore relié à celui du puits de Ricard. D'autres filets de houille existent dans le puits des Oules au-dessous de ces veines supposées Ricard.

Le sondage du Mazel rencontre un certain nombre de couches qui représenteraient, selon G. Livet, (p. 379) l'épanouissement des filets au mur des couches supposées Ricard du puits des Oules.

Plus au S encore, la ligne de coupe passe non loin du sondage de Malbosc, fait en 1932 par les Houillères de Rochebelle. Cet ouvrage ne traverse plus que 300 m environ de terrain houiller, et six couches de combustible. G. Livet y voit, par analogie lithologique avec les formations de Laval, une lame de zone 4 entre les cotes — 178 et — 226, surmontant des terrains de zone 5 entre — 226 et — 464, profondeur à laquelle le sondage rencontre les micaschistes (40 p. 389). Nous reviendrons plus loin sur cette question (voir p. 44).

COUPE 22 — COUPE 23.

Ces deux coupes montrent peu de chose dans la partie méridionale du bassin de la Grand'Combe. L'assise de la Montagne Ste-Barbe n'existe plus. Les couches de Ricard doivent se prolonger sur une certaine distance, mais sont mal reconnues.

La faille des Oules, accident tertiaire, est bien visible sur les coupes 24 et 25.

COUPE 17.

On aperçoit bien l'assise de la Montagne Ste-Barbe posée sur la zone 5, ainsi que les terrains sous-jacents à la couche Sans nom qui viennent affleurer entre Peyraube et l'église du Pradel, terrains dont il fut question p. 40.

Dans la région de la Grand'Combe, nous avons figuré la position probable des couches de Ricard d'après les sondages de Ricard et de la Pomarède.

COUPE 18.

La coupe 30 montre le passage de la région du Mazel au district de Laval. On remarquera l'importante dénivellation du socle, alors qu'aucune faille importante n'est visible dans les morts terrains.

COUPE 30.

Cette coupe est faite par le puits des Oules, les sondages de Lascous, St-Andéol, Peyraube.

On a identifié aux couches assimilées à Ricard au puits des Oules, deux veines recoupées à — 316 et — 371 par le sondage de Lascous, qui traverse en outre une couche de 1,8 m à — 549. Il est possible que cette dernière corresponde au banc recoupe aux cotes — 358 et — 241 des sondages de St-Andéol et de Peyraube.

Sur les niveaux à Cordaites se placent toujours ceux de la Montagne Ste-Barbe ; ils disparaissent vers le S avant le sondage de Lascous.

COUPE 31.

Exceptionnellement, cette coupe est faite le long d'une ligne brisée, par les principaux puits et sondages de la région. Elle permet de voir le passage de la région du Mazel à celle de Laval, d'obtenir le faisceau de Laval à peu près complet, et de voir comment il se relie à l'affleurement marqué sur la carte à la pointe de l'éperon cristallin du Rouvergüe.

COUPE 32.

C'est une vue du gisement de Laval dirigée E-W, passant par le sondage de Lascous et le travers banc dit « Mixoneura ». Trois faits sont remarquables :

1°) La dénivellation considérable entre le fond du sondage de Lascous et le substratum de micaschiste du faisceau de Laval, ici connu en quatre points. La proximité du gisement de Laval et du précédent sondage rend ceci particulièrement frappant.

2°) Un coin de zone 2, en position anormale sur la zone 4 de Laval et normale sous la zone 3 de Ste-Barbe.

3°) Le rebroussement des couches de Laval.

La partie sud-orientale du bassin de la Grand'Combe est séparée de la cuvette de Portes-la-Vernarède par le pli de Malpertus, naissant vers le puits de la Forêt et dont l'amplitude paraît aller en croissant vers le N. Une faille conforme, effondrant les terrains à l'E, accompagne ce mouvement (fig. 9 a et 9 b, Pl. 8).

A l'E d'une ligne la Grand'Combe-le Pontil-Rouvière, nous observons trois unités principales :

1°) reposant sur le socle, à l'W d'une ligne Roubiouse-Cassagnes, une assise de zone 5, prolongement de celle de Ricard déjà connue dans la cuvette de Portes.

Au N du Pontil, on exploitait, au voisinage de la bordure cristalline, le gîte de Broussous, dont l'allure très tourmentée contraste avec celle des couches des horizons Grand'Baume et Champclauson. Broussous avait été classé en zone 6, alors que le rebroussement de la veine Champclauson ne représentait qu'un phénomène local. Je crois, au contraire, qu'il faut voir dans ce rebroussement la suite du pli de Malpertus devenu pli faille. D'autre part, *Cordaites lingulatus* G.E. abonde dans les schistes micacés voisins des anciens travaux ; enfin, je ne vois aucun accident important séparant la région de Broussous d'avec celle du Pradel, dont l'appartenance à l'assise de Ricard n'est pas discutée. Pour ces raisons, je préfère classer Broussous en zone 5.

Dans le district du puits des Oules, deux couches sont exploitées, que l'on identifie aux couches de Ricard. On chercha à les reconnaître plus loin par une série de sondages : sondages de la dynamitière, de la Frugère, de l'Usine à zinc, de Lascous, de St-Andéol, de Peyraube. Tous ces ouvrages recoupèrent, à une distance variable du socle, deux veines qui représentent vraisemblablement celles de Ricard.

A l'E du Pradel, la zone 5, masquée par l'assise de Ste-Barbe, affleure le long du Rouvergue à la faveur d'une faille. On observe, au cimetière du Pradel et vers le Mas Bouziges, plusieurs couches sur lesquelles quelques travaux furent jadis effectués.

Au S du puits des Oules, les recherches furent faites par le sondage du Mazel, les deux sondages et l'ancien puits de Malbosc. De nouvelles couches semblent naître en plus de celles de Ricard. Selon G. Livet, les dernières correspondent aux formations charbonneuses les plus hautes du sondage du Mazel ; les autres veines recoupées par cet ouvrage représenteraient le développement des filets situés à la base du puits des Oules. (40, p. 378). Toujours selon cet auteur, le faisceau des couches inférieures à celles de Ricard, continuant à s'épaissir, forme le gisement de Malbosc. (40, p. 390).

2°) Dans la région des puits de Laval, l'assise de Laval (zone 4) se trouve au contact des micaschistes.

Quelle est la relation entre les séries de Laval et de Ricard ? Les coupes 31 et 32 montrent qu'il est bien difficile de ne pas admettre entre les deux la présence d'un pli faille que j'appellerai *pli de Laval* ; il explique en particulier la dénivellation importante du socle entre le sondage de Lascous et le gisement de Laval, et reste parfaitement compatibles avec le style général des déformations du bassin.

3°) Superposée soit à l'assise de Ricard, soit à celle de Laval, par l'accident de Ste-Barbe, une nappe où l'on distingue :

— à la partie inférieure, des niveaux à *Mixoneura* de zone 2, affleurant de Roubiouse à la Moulinotte, se raccordant au N, le long du flanc oriental du Rouvergue, au gisement du Mercoirol et de là au bassin de Bessèges. Vers la Tuilière et à l'E de la Moulinotte, l'écaille semble s'enraciner, les niveaux à *Mixoneura* reposent sur le socle ; après être masqués de la Moulinotte au Mas Dieu par le Secondaire, ils reparaissent en surface dans l'îlot du Mas Dieu. En suivant la route du Pontil à Alès par St-Julien, on observe plis couchés ou plis failles de peu d'amplitude, qui, probablement, représentent la terminaison, dans le bassin de la Grand'Combe, du pli de Gagnières.

— sur ces niveaux à *Mixoneura*, un houiller sans fossile considéré comme la base de l'assise de Ste-Barbe, qui, peut-être, doit encore être attribué à la zone 2, et que l'on connaît, surmontant l'assise de Ricard, dans les sondages de St-Andéol et de Peyraube, ainsi qu'en affleurement dans la région du Pradel.

— enfin, au sommet de la nappe, l'assise de la Montagne Ste-Barbe proprement dite, de zone 3, renfermant le faisceau de Ste-Barbe. Par suite de la surrection du Rouvergue, postérieure aux grands plis failles (voir p. 56), cette assise de Ste-Barbe a été érodée dans la région de l'Antoinette et du Pradel et ne subsiste que dans la partie occidentale de la nappe, entre St-Andéol, Peyraube, le Pontil et la Grand'Combe.

REGION COMPRISE ENTRE LES BASSINS DE LA GRAND' COMBE ET DE ROCHEBELLE.

Le Jurassique occupe dans cette région toute la surface, et il n'existe d'autres travaux qu'une série de sondages.

La **COUPE 21** relie les puits des Oules au gisement de St-Martin. Deux hypothèses sont possibles :

1°) un houiller de zone 4 apparaît à la base de la zone 5 peu après les puits des Oules, et augmente progressivement de puissance, cependant que l'assise de Ricard (zone 5) est érodée. Plus au S, c'est un Carbonifère de zone 3 qui prend naissance contre le socle à la base de la zone 4, laquelle, à son tour disparaît par érosion. Le sondage de Drulhes montre les niveaux de zone 3 renformant 14 couches entre — 320 et — 534 m ; un autre faisceau de zone 2 également productif se trouve même recoupé entre — 534 et — 850 m, cote à laquelle la sonde pénètre dans les micaschistes. Le complexe failleux de Drulhes relève les terrains vers l'E et fait affleurer cette zone 3 aux environs de St-Martin.

2°) l'accident de Laval se poursuit vers le S : au sondage de Malbose, ainsi que l'affirme G. Livet (40, p. 389) une lame de zone 4 ou 3 chevaucherait l'assise de Ricard. Dans ces conditions, au SE du pli de Laval ainsi prolongé, le Houiller est principalement formé de niveaux de zone 3 ou 4, que le complexe failleux de Drulhes fait affleurer à St-Martin.

Sur la coupe 21, c'est la première de ces hypothèses qui se trouve représentée.

Les coupes 22 et 23 montrent une structure analogue, mais les sondages de Rouvelong et des Plantiers n'ont recoupé sous le Trias qu'un Houiller stérile et peu épais. Les mêmes hypothèses peuvent être faites quant à la présence ou non de l'accident de Laval, qui expliquerait la formation du « seuil » des Plantiers. Le sondage de Lacoste indique que le gisement de Rochebelle « s'ouvre » avant les failles de Drulhes.

La région située entre les bassins de Rochebelle et de la Grand'Combe semble pauvre :

au S, le seuil des Plantiers est complètement stérile,

au N, on approche de l'îlot du Mas Dieu qui renferme bien quelques couches de houille, mais plissées et difficilement exploitables. En outre, le Carbonifère paraît peu épais dans cette région (présence, dans les plis, de galets de micaschistes annonçant probablement l'approche du socle).

C'est seulement au voisinage du bassin de Rochebelle que le gisement semble s'enrichir à nouveau.

Bassin de Rochebelle.

Le bassin de Rochebelle apparaît comme une bande carbonifère de zone 3 ou 4 affleurant entre le *complexe* failleux de Drulhes, à l'W, et la *faille des Cévennes*, à l'E. Au SSW, il est partiellement recouvert par les morts terrains, et se prolonge, de ce côté, par le gisement dit « du Bois Commun », jadis exploité par les puits de St-Germain et du Provençal, dont un accident le sépare. Un lambeau de zone 2 se trouve en superposition anormale sur ce faisceau du Bois commun.

COUPE 25 dite « des trois sondages »

La coupé montre le gisement de St-Martin avec, de bas en haut, les couches Jeannette, Jeanne, Grande couche, Ste-Barbe, Intermédiaire, Miette, Mie, Germaine, Estelle, Estellette, Céline, au voisinage du puits n° 4 de St-Martin. A gauche de ce puits figure le début du faisceau de Fontanes, séparé du premier par un accident et renfermant les couches « de 10 m », « du 246 », n° 1, n° 2, n° 3, n° 4, n° 5, Terregrasse et Espérance. Selon G. Livet (40 p. 507), la couche « de 10 m » correspond aux veines Jeanne et Jeannette, la couche « du 246 » à la Grande Couche, la veine n° 1 à la couche Mie de St-Martin. Il semble bien, d'après leurs positions sur la coupe, que les faisceaux de St-Martin et de Fontanes ne soient qu'un même ensemble séparé en deux par un pli et quelques failles inverses.

A l'W, les veines du faisceau de Fontanes butent contre le Trias effondré par les accidents du complexe failleux de Drulhes.

A l'E, le Houiller est limité par la faille des Cévennes. Le sondage n° 3 montre qu'il se réduit à 150 m de terrain relativement pauvre en combustible. Selon G. Livet (40 p. 512), ce sondage n° 3 aurait traversé immédiatement après la faille des Cévennes une cinquantaine de mètres d'une formation renfermant des schistes fissiles analogues à ceux du Mas Dieu et contenant des débris de coquilles ressemblant à *Estheria cebennensis* G. E. La chose est possible, si l'on s'en rapporte aux observations faites aux environs du puits du Provençal (voir coupe 29).

COUPE 26.

Nous voyons ici le faisceau de Fontanes aux environs des puits Fontanes et Destival. A l'W, les couches se trouvent toujours arrêtées par les failles de Drulhes, dont les minéralisations furent exploitées à la galerie des pyrites du Soulier. A l'E se place, de même, la faille des Cévennes.

On remarquera les plis déversés et les glissements qui ont affecté les veines de houille, particulièrement nets dans cette région.

COUPE 27.

Le puits Ste-Marie recoupe :

— à la base, le *faisceau de Fontanes*, depuis les couches n° 1 jusqu'à Espérance ;

— puis trois veines appelées n° 1, 2, 3 de Cendras et formant le *faisceau de Cendras* ;

— enfin trois couches dénommées n° 1, 2, 3, de Rochebelle et constituant, avec trois autres couches n° 4, 5, 6, visibles à l'W de puits, l'*ancien faisceau de Rochebelle*.

L'ensemble est affecté de plis couchés particulièrement remarquables dans les couches 3 à 6 de Rochebelle.

A l'W d'un accident appelé *faille séparative* se trouve le nouveau faisceau de Rochebelle, comprenant, de bas en haut, les veines L, I, ONO, V, Z, Y, X, n° 7, 7 bis, 8, 9, 10, 11. Selon G. Livet (40 p. 507), la couche 2 de l'ancien faisceau serait la couche X du nouveau.

Les failles de Drulhes et des Cévennes bordent toujours le gisement à l'W et à l'E respectivement.

COUPE 28.

La coupe montre le développement du nouveau faisceau de Rochebelle, affecté de plis déversés analogues à ceux que nous avons précédemment observés coupe 26.

A l'E apparaît la faille des Cévennes, au NW la bordure cristalline. Les micaschistes affleurent grâce au relèvement créé par un important accident tertiaire, puisque nous voyons les calcaires jurassiques se placer au contact des roches métamorphiques. A plusieurs reprises cependant fut signalé dans cette région un déversement de micaschistes sur le Houiller.

COUPE 29.

Au SE, le *sondage de Chaudebois*, exécuté en 1863, parti du niveau + 144 aurait atteint le Trias à la cote 63, le Houiller à — 195. Il fut arrêté dans le Carbonifère à — 220 m après avoir recoupé deux couches de houille. Il montre un relèvement des terrains placés au SE de la faille des Cévennes par rapport à la position occupée par les mêmes assises dans les sondages au N d'Alès.

Les affleurements en dressant situés immédiatement à l'W de l'accident des Cévennes, représentent un dernier lambeau des faisceaux de Rochebelle. Puis nous franchissons une faille placée dans le prolongement de l'effondrement qui, sur la coupe précédente, juxtaposait micaschistes et calcaires jurassiques ; nous entrons dans le gisement du *Bois commun*. Ce dernier est, figuré par une limite d'érosion ; sur la limite N s'observent des brèches de base.

Mixoneura cf. *flexuosa* G. E. fut recueilli au voisinage du puits de St-Germain ; nous avons marqué en cet endroit une bande de zone 2, vraisemblablement mise en position par un pli. Le reste du terrain houiller du Bois commun est en effet attribué à la zone 3.

Le bassin de Rochebelle est une bande relativement étroite de terrain houiller appartenant aux zones 3 et 4, large de 1 km au plus, qui s'étend de la banlieue occidentale d'Alès à St-Martin-de-Valgagues. Elle se trouve effondrée au NW par les failles de Drulhes, au SE par la faille des Cévennes, d'un rejet considérable. On y exploite quatre faisceaux : de St-Martin, de Cendras, de Rochebelle ancien et de Rochebelle nouveau, qui paraissent faire partie d'un même ensemble divisé par des accidents en plusieurs compartiments. Les couches sont affectées de plis déversés et de failles.

Au SW d'un accident qui paraît prolonger celui que l'on observe de la Traquette à Branoux le long de la bordure cristalline, s'étend le gisement du Bois commun, en grande partie également de zone 3-4.

Au voisinage de la faille des Cévennes, ces formations de zone 3-4 seraient localement surmontées, par exemple, dans un sondage de St-Martin ainsi qu'au voisinage du puits de St-Germain, par quelques lambeaux à *Mixoneura*.

Tout récemment enfin fut exécuté sur le prolongement vers le N du faisceau de Rochebelle-St-Martin, un grand sondage aux environs du hameau de la Minette, à 3 km de St-Martin. Débutant à la cote + 211 dans les calcaires bajociens, cet ouvrage traverse le Trias entre — 280 et — 377 m, et le Houiller de — 377 à — 812 m ; il pénètre ensuite dans les micaschistes. Au-dessus du niveau — 500, on rencontre plusieurs bancs de « gratte » et l'on recueillit un échantillon de *Pecopteris lamurensis* Heer. Dans les cinquante mètres inférieurs furent remontés plusieurs fragments de *Mixoneura*, une penne de *P. lamurensis* et d'assez nombreuses Esthéries. Puis les schistes fissiles, mêlés de grès fins apparaissent, renfermant çà et là quelques Esthéries.

Les assises recoupées au sondage de la Minette doivent être en grande partie classées en zone 1. Le faisceau de St-Martin, ainsi que la presque totalité de la zone 2, bien développée au sondage de Drulhes n'existent plus ici.

Liaison entre les bassins de Bessèges et de Grand Combe Rochebelle

Entre le Martinet et le Pontil, un éperon du Rouvergue sépare les bassins de Bessèges et de la Grand'Combe. Dans cette région, les terrains de zone 5 reposent sur les micaschistes le long des deux flancs de cet éperon et, vers le Gouffre noir, deux minuscules témoins subsistent, coincés entre les failles. Il est donc probable que primitivement le Stéphanien moyen formait un dépôt continu sur le socle entre les deux bassins, dépôt morcelé ensuite par l'érosion consécutive aux plissements. Nous rappellerons simplement que la bordure occidentale de l'éperon cristallophyllien est très redressée aux mines de Broussous, du Pontil à Rouvière.

La correspondance entre l'assise de Ste-Barbe ou de Laval, d'une part, de Crouzoul ou de l'Arbousset, d'autre part, est plus difficile à établir et nous nous réservons de traiter cette question lors de l'étude de

la tectonique du bassin du Gard. Nous ne ferons que constater la continuité des faisceaux du Mercoiroul à l'E du signal de Rouvergue.

Il n'est pas sans intérêt, au contraire, d'établir dès maintenant une coupe reliant les sondages du Galeison, des Plantiers, de Drulhes, de la Minette, de Panissières et les travaux de St-Jean (coupe 24, pl. 4.).

Le sondage du Galeison, dont l'orifice est à la cote 155, pénètre dans le Houiller à — 189 et dans les micaschistes à — 441. Entre — 189 et — 385, il recoupe deux couches de houille et des schistes charbonneux appartenant à la zone 3 ; de — 325 à — 441, des grès, conglomérats, schistes micacés et enfin des brèches.

Nous rappellerons que les sondages des Plantiers a traversé seulement 25 m de houiller, que celui de Drulhes a reconnu, reposant sur le socle, 340 m de terrain de zone 2 productif, surmontés par 230 m de zone 3 ; celui de la Minette enfin a recoupé, entre — 377 et — 812 des niveaux de zone 1 et probablement la base, quasi stérile, de la zone 2.

Nous constatons :

1°) que, partant de l'extrémité S de la coupe, nous trouvons successivement en contact avec les micaschistes : la zone 3-4 au Galeison, la zone 2 à Drulhes, la zone 1 à la Minette et au-delà.

2°) Que le fond du bassin s'abaisse lentement vers le sondage de Panissières (dessinant un léger dôme aux Plantiers), puis brutalement entre le sondage de Panissières et les travaux de St-Jean.

Si l'on reconstitue les parties érodées de chacune des assises, ceci correspond à un anticlinal prolongeant l'éperon du Rouvergue, anticlinal dont le flanc SW serait régulièrement incliné, le flanc NE beaucoup plus raide.

Le bassin du Gard à l'E des failles des Cévennes et de la Nougarede

On appelle faille des Cévennes un accident tertiaire à grand rejet qui, nous l'avons vu à maintes reprises plus haut, borde à l'E le gisement de Rochebelle. La faille des Cévennes se poursuit en direction NNE et passe entre les communes des Mages et de St-Jean-de-Valérisclé, ici doublée par un autre accident de même nature, la faille de la Nougarede.

Il existe en réalité, d'Alès à St-Ambroix, plusieurs failles NNE à grand rejet créant d'importants effondrements vers l'E. Nous examinons rapidement leur répercussion sur le Houiller sous-jacent.

Au delà de ces grands accidents, une série de sondages se proposait de rechercher le prolongement des gisements vers l'E.

Le sondage de Vébron, entrepris en 1920 au SW de St-Ambroix débute, selon P. Termier (cité par G. Livet, 40, p. 458), dans le Crétacé. A la cote + 35, la sonde passe du Valanginien au Bajocien (faille des Cévennes selon P. Termier), puis, à — 13 m, dans le Lias (faille de la Nougarede selon P. Termier) ; à — 195, dans le Trias inférieur, et à — 257 dans le Houiller, qu'elle traverse sur 643 m. Selon G. Livet, les terrains primaires recoupés correspondent à une partie de la zone 3 et à la zone 2 qui, à Molières et St-Jean, renferment un riche faisceau. Celui-ci se schistifierait ainsi vers l'E, ce que l'on constate déjà à la mine de St-Jean à 1 km du puits n° 4. On remarquera, comme il a été dit plus haut (voir

p. 21), que les failles tertiaires qui effondrent le Carbonifère de Molières et de St-Jean sous la plaine d'Alès sont multiples et importantes.

Le sondage des Mages, au débouché de la vallée de l'Auzonnet, aurait franchi la faille de la Nougarede à — 115 m, passant du Bajocien au Lias; un peu plus bas, une autre faille le fait pénétrer dans le Trias. Il atteint le Houiller à — 286 et s'y enfonce sur 162 m. Il reconnaît 5 à 7 couches, de 0,40 à 1,80 m de puissance, difficilement assimilables à des veines connues (G. Livet, 40, p. 456).

Le sondage de Rousson (G. Livet, id.), coupant la faille de la Nougarede à 633 m de profondeur, atteint le Houiller à 834 m et s'arrête à 890 m en ne recoupant que les terrains douteux.

Enfin, un sondage fait à Lussan, à 500 m à l'W de St-Etienne-de-Sermentin (coordonnées de la carte d'Etat-major : $x = 751.731$, $y = 219.633$, $z = 163$) a recoupé à 1.732 m de profondeur des schistes à *Pecopteris polymorpha* Br., et des grès pyriteux.

A l'E du gisement de Rochebelle St-Martin, le premier accident limitant les terrains houillers, la faille des Cévennes possède un rejet considérable. Elle est assez bien reconnue par les sondages n° 1, 2 et 3 de St-Martin, paraît inclinée à 40° sur l'horizon. A 592 m de profondeur, soit à la cote — 421, le sondage 3 se trouve encore dans les calcaires jurassiques.

Ce n'est qu'au S d'Alès que la situation est quelque peu différente. L'effondrement qui borde les terrains houillers est beaucoup moins important; beaucoup d'auteurs n'y voient plus d'ailleurs la faille des Cévennes qui, selon eux, se dirigerait vers le SSE à partir des faubourgs d'Alès. Le sondage de Chaudebois, placé à 1 km à l'E des affleurements carbonifères, a recoupé le Houiller à 195 m de profondeur, à la cote — 50. Le sondage d'Alzon, à 1300 m au SSW du précédent, le touche à 287 m de profondeur, au niveau — 137 m; il explore plus de 500 m de schistes et grès de zone 3 renfermant cinq couches exploitables, au moins. Cette région de Chaudebois-Alzon, au S d'Alès, paraît être la seule accessible à l'exploitation au delà du bassin de Rochebelle proprement dit.

NATURE DES PHENOMENES TECTONIQUES DANS LE BASSIN DU GARD

Après avoir décrit une série de coupes dans les différentes régions, je crois utile d'examiner à nouveau les principales unités tectoniques.

Je rappelle encore une fois que :

la *tectonique tertiaire* engendre des plis larges, peu accusés, réguliers, et de nombreuses failles, le plus souvent normales, quelquefois inverses, et, dans ce cas, dirigées WNW, perpendiculairement à la direction des plis du terrain houiller.

à la *tectonique antétriasique* on doit attribuer :

— peu de failles normales n'intéressant pas les terrains secondaires ;
— des ondulations affectant l'ensemble du bassin, différentes des plis tertiaires, qui sont à l'origine de la discordance des assises stéphanien-
nes et triasiques ;

— des plis accusés, mais localisés, presque toujours déversés à l'W, accompagnés de failles inverses ;

— des superpositions anormales de séries plus anciennes sur d'autres à flore plus récente, dont nous essaierons de préciser la nature,

De telles superpositions anormales peuvent à priori avoir pour origine :

1°) le décollement d'une masse A de son substratum B, le long d'un niveau N dont la nature se prête à un tel mouvement.

2°) Le déplacement relatif de deux compartiments A et B d'une faille inverse (faille qui peut être créée, en particulier, par un décollement dans le substratum).

3°) Un pli couché dont le flanc inverse est en partie conservé ;

4°) Un pli couché passant au pli faille par étirement du flanc inverse.

Les effets de ces quatre types de déformations diffèrent quelque peu :

— Le premier (décollement) laisse intact le substratum, mis à part quelques entraînements possibles s'il se produit à son contact. Lorsque la masse charriée, continuant son cheminement, parvient sur une assise plus récente, elle se trouve reposer, très généralement, en nette discordance sur celle-ci.

— Le second (faille inverse) suppose une surface de contact coupant les bancs sous un angle quelconque, oblique à la stratification.

— Les deux derniers (plis déversés ou couchés), qui se distinguent l'un de l'autre par la disposition de l'assise A, permettent seuls la formation de crochons d'une certaine ampleur le long desquels les couches sont continues. Les bancs des deux assises A et B restent, d'autre part, grossièrement parallèles. Enfin le substratum suit le mouvement général des terrains.

Sans doute la réalité est-elle plus complexe, et l'un de ces quatre phénomènes agit rarement à l'état pur ; les poussées génératrices de plis couchés ou de plis failles sont fréquemment cause de failles inverses et de décollements locaux ; souvent aussi de tels plis conduisent à un certain glissement des terrains plastiques sur un substratum moins aisément déformable.

Il n'en est pas moins important d'examiner quelles sont, dans le Gard, les causes prédominantes des superpositions anormales qui se présentent, tant à Bessèges qu'à la Grand'Combe ; nous étudierons, dans ce but :

— quelques-uns des plis les plus caractéristiques et les mieux connus ;

— les déformations subies par le socle.

Examen de quelques plis et accidents

A) PLIS SANS CHEVAUCHEMENTS IMPORTANTS :

Plis de Rochebelle (Fig. 1 et 2. Pl. 8).

Le faisceau de Rochebelle montre les plis déversés à l'W aux environs du puits Destival (fig. 5) ; ils sont coupés de plusieurs failles inverses d'assez faible rejet, parallèles à l'axe du pli.

Sur la fig. 6 qui reproduit une coupe du gisement vers le puits Ste Marie, ce sont des plis couchés qui « referment » les couches sur elles-mêmes en forme de V.

Pli de Sans nom (fig. 3. Pl. 8).

C'est encore un bel exemple de pli couché bien reconnu par les exploitations,

Nous attirons l'attention sur le fait qu'il est observé dans une assise déjà en superposition anormale sur le Stéphanien moyen.

Pli dans le faisceau de Bessèges (fig. 4. Pl. 8).

On voit sur la fig. 8 les couches de Bessèges, régulièrement pentées sur une certaine distance depuis leur affleurement, se rebrousser et se diriger à nouveau vers la surface. Ces mêmes couches se retrouvent plus à l'W et reprennent leur allure primitive, troublée localement par de petits plis de même sens.

Ce mouvement pourrait être accompagné d'un certain décollement entre les strates. Il constitue un cas intermédiaire entre les plis à structure entièrement conservée que nous venons d'examiner, et ceux dont le flanc inverse est laminé par suite d'un déplacement horizontal plus important.

B) PLIS ET ACCIDENTS CONDUISANT A DES CHEVAUCHEMENTS IMPORTANTS.

Plis des Pilhes et de Garde Giral (fig. 5 et 16. Pl. 8).

Nous savons que, dans le petit gîte des Pilhes, les veines sont en forme de V déversé, avec un point de rebroussement à la pointe inférieure du V. Ceci rappelle l'allure de certaines couches de Rochebelle (fig. 2). La cuvette des Pilhes est bordée à l'E par un accident qui la sépare du Stéphanien inférieur et coïncide avec le flanc inverse du pli : mais il est probablement doublé d'une faille tertiaire. A l'E de cet accident, les schistes stériles de Gagnières présentent des crochons en sens inverse.

Garde Giral montre un synclinal dyssymétrique également bordé à l'E par un accident ; celui-ci se présente comme une bande de terrains écrasés, renfermant des filets charbonneux, et contre laquelle les rebroussements des couches aboutissent tangentiellement.

Pli du Souterrain (fig. 7 Pl. 9).

Semblable à celui de Garde Giral, le pli du Souterrain est particulièrement remarquable :

— le faisceau du Souterrain appartient au Stéphanien inférieur à *Mixoneura* (zone 2) ; il repose sur des niveaux à Cordaites de zone 5 et ce sont ces mêmes niveaux à Cordaites qui le chevauchent à l'E de l'accident contre lequel se placent les parties dressées et renversées des veines exploitées.

Le mouvement englobe donc à la fois l'assise de zone 2 déjà placée en position anormale sur la zone 5, et cette zone 5 elle-même.

— Le talus de la route allant de l'ancien carreau de la mine au viaduc de Doulovy coupe l'accident qui limite à l'E le faisceau du Souterrain ; cet accident montre 15 à 20 m de schistes laminés avec îlots charbonneux ; il apparaît comme un flanc inverse étiré.

— Le pli du Souterrain semble se prolonger au S par le pli de Malpas-Gaschas (voir p. 27).

Pli des Vigès (fig. 8. Pl. 8).

Le figure 12 montre la disposition des schistes de Gagnières aux environs des Vigès, relevée dans un ravin à travers la bande de zone 1 placée sur la carte au milieu du Stéphanien moyen.

Pli du Malpertus (fig. 9a et 9b Pl. 8).

Les dressants de Grand Baume, entre le puits de Ricard et le col de Malpertus, furent longtemps attribués à l'entraînement des terrains par l'assise de la Montagne Ste-Barbe cheminant sur eux. Cette explication n'est guère satisfaisante si l'on considère la continuité des couches, la netteté de la charnière, le prolongement du pli en couche Champclauson près de Rouvière, où rien n'indique que la Montagne Ste-Barbe se soit avancée.

Une faille, probablement tertiaire, a joué entre les dressants de Grand Baume et l'assise de Ste-Barbe.

SUPERPOSITION DES FAISCEAUX DE BESSEGES SUR L'ASSISE DE FELJAS-ARCAS.

On ne connaît pas de crochons dans les couches du Feljas sous le faisceau de Bessèges ; ces veines se prolongent loin en profondeur et leur limite n'a pas été atteinte par les travaux.

Cependant :

— de tels crochons existent vers la cote — 600 m aux mines de Gagnières sous la zone 2, loin des affleurements des niveaux à Cordaites. Il en serait vraisemblablement de même sous les terrains de Bessèges-Arbousset si l'on avait poussé les recherches assez loin.

— Les différentes coupes montrent que les couches du Feljas sont sensiblement parallèles à celles du faisceau de Bessèges-Arbousset, au moins jusqu'au parallèle 400 sud des plans de la mine de Bessèges, au delà duquel un anticlinal secondaire vient compliquer la structure.

Tout laisse donc penser que la surface de contact entre les niveaux à Cordaites sous-jacents et ceux de Bessèges-Arbousset est un flanc inverse étiré et laminé d'un pli faille. Le faisceau de l'Arbousset inférieur vient se placer en coin sous le faisceau supérieur comme il est normal dans un tel pli.

SUPERPOSITION DE L'ASSISE DE LA MONTAGNE SAINTE-BARBE AUX ASSISES DE ZONE 4 ET DE ZONE 5

On peut répéter ici ce qui vient d'être dit à propos du pli de Bessèges ; les rebroussements des terrains sous-jacents à ceux de Ste-Barbe sont, en plus, parfaitement nets sur les coupes 32 et 33.

Ces quelques exemples que nous ne croyons pas utile de multiplier, montrent que la structure en plis failles est un trait essentiel de la tectonique du bassin du Gard ; quelques-uns de ces plis (Rochebelle) sont conservés, d'autres présentent un flanc inverse étiré qui devient finalement surface de glissement ; les failles inverses proprement dites, qui couperaient sous un angle quelconque les faisceaux houillers, sans rapport avec la direction des plis, semblent ne jouer dans le Gard qu'un rôle secondaire.

Ceci établi, il reste à examiner la part qui revient, dans ces mouvements, aux décollements et aux déboitements. Les plis du bassin du Gard correspondent-ils au type de la fig. 11, Pl. 8 (décollements importants) ou à celui de la fig 12, Pl. 8) ? Ou encore à quelque chose d'intermédiaire ?

Déformation du socle

Si nous connaissions exactement l'état du socle, il nous serait aisé de répondre à la question précédente. C'est malheureusement chose rare dans un bassin houiller, le mineur n'éprouvant aucun enthousiasme à étendre ses travaux en dehors des zones productives.

Deux méthodes permettent cependant de réunir un certain nombre de renseignements :

- A) L'étude des travaux touchant les terrains cristallophylliens.
- B) L'examen des niveaux au contact des micaschistes.

A) Travaux touchant les terrains cristallophylliens.

Dans le bassin de Bessèges, de tels travaux sont rares et nous apprennent peu de chose ; seul le puits Pisani au Martinet a mis en évidence un anticlinal de micaschistes.

Dans le bassin de la Grand Combe - Rochebelle, le fond est mieux connu ; plusieurs faits doivent être constatés :

Le sondage de Peyraube a recoupé les micaschistes à la cote — 294. Or, au puits du Pontil, le socle doit être aux environs de la cote — 1.100 si l'on prend en considération la distance qui sépare, au puits du Gouffre, la couche Grand Baume des micaschistes (coupe 16). Chiffre en réalité un peu plus faible peut-être, si la puissance de la zone 5 se trouvait légèrement réduite entre les puits de Ricard et du Pontil, mais qui laisse présager une dénivellation et un pli dans le socle au voisinage de l'accident de Malpertus.

Une telle dénivellation dans le socle apparaît de façon beaucoup plus nette encore entre le faisceau de Laval et les sondages de Lascous (coupe 32) et du Mazel (coupe 31). Il serait possible de l'expliquer par l'intervention d'une faille antétriasique (aucun accident important n'étant visible dans les morts terrains), mais ceci supposerait une disparition extrêmement rapide du faisceau de Laval, très peu vraisemblable. L'existence d'un pli entre les zones 5 et 4 est beaucoup plus probable.

B) Examen des niveaux au contact des micaschistes.

Nous considérerons qu'un niveau houiller reposant sur les micaschistes du socle par l'intermédiaire de brèches de base ou de conglomérats grossiers à galets de micaschistes n'a subi, par rapport à ce socle, aucun déplacement horizontal important, sauf cas exceptionnels.

Nous démontrerons d'autre part, à nouveau (voir p. 54) que le bassin du Gard s'est formé par une transgression continue des sédiments vers le NW (résultat exposé déjà par G. Livet (40 p. 449).

Sur une ligne orientée NW-SE, le socle se trouvait donc primitivement en contact successivement avec les zones 6, 5, 4, 3, 2, 1 (fig. 12, Pl. 8). Si, actuellement, nous sommes en mesure d'observer deux points assez rapprochés où les micaschistes sont en contact, par l'intermédiaire de brèches ou conglomérats, avec deux niveaux houillers d'âge bien différent, si, autrement dit, la continuité primitive de la fig. 12 se montre rompue, nous pouvons affirmer l'existence d'un pli dans le socle entre ces deux points.

Ceci est le cas :

— entre le puits Pisani, au fond duquel les niveaux à *Mixoneura* reposent sur les micaschistes, et la zone 5 qui occupe la partie occidentale du golfe de Crouzoul.

— A l'extrémité S de l'éperon cristallin qui sépare les bassins de Bessèges et de la Grand'Combe, au voisinage du mas de l'Antonette ; en face de ce mas affleurent les terrains de Laval de zone 4, tandis que cent mètres plus au N, non loin du tournant de la route du Pradel, apparaissent les niveaux de zone 5 (voir p. 41). Sans doute zone 4 et zone 5 sont-elles en succession normale dans l'échelle stratigraphique du Gard, mais le faisceau de Laval renferme encore de nombreux lits à *Pecopteris lamurensis* Heer et, si l'on se réfère à la flore de St-Jean-de-Valériscle (voir p. 13), doit être classé dans la partie inférieure de la zone 4. Ici se place un hiatus qui ne fait que confirmer ce qui fut dit à la page précédente.

— Au S de ces affleurements des couches de Laval avoisinant l'Antoinette. Dans cette région, ce sont les niveaux à *Mixoneura* qui occupent la surface ; ils semblent se raccorder :

d'une part, à la bande houillère du Mercoirol, en contact par brèches de base avec les micaschistes depuis la rivière de l'Avène jusqu'à l'Auzonnet,

d'autre part, avec l'îlot du Mas Dieu, où le Houiller de zone 1 paraît reposer sur le socle.

Les plis qu'on observe sur le talus de la route Alès-le-Pradel, au NW de la Tuilière, renferment de plus des conglomérats à galets de micaschistes.

Entre le gisement de Laval et l'îlot du Mas Dieu, il y aurait donc, au voisinage du socle, lacune de la zone 3 et d'une partie probablement de la zone 2 ; ce sont précisément les terrains qui constituent l'assise de la Montagne Ste-Barbe.

De cette série d'observations, nous concluerons :

A tout pli important du terrain houiller correspond une déformation du socle de même type.

Cette déformation du socle n'est pas obligatoirement identique à celle des bancs sédimentaires ; la différence de plasticité de roches intervient, génératrice de décollements dans le Carbonifère le long des anticlinaux.

Transgression des sédiments houillers

Le bassin du Gard montre, ainsi que l'a fait remarquer G. Livet (40 p. 449), une transgression des sédiments houillers dans le sens général SE-NW.

En effet :

— Si l'on se déplace du NW vers le SE, on rencontre, au contact du socle, des niveaux de plus en plus anciens. Leur succession n'est pas absolument régulière et présente des lacunes dues aux plissements (p. 53) mais, à une exception près (cuvette de Drulhes, de zone 2 bordée à E par les faisceaux de Rochebelle de zone 3-4), se fait toujours dans le même sens.

C'est ainsi qu'à la Grand'Combe, le sommet de la zone 7 (poudingues du Mont Chatenet, zone 8 de G. Livet) repose sur les micaschistes à l'extrémité septentrionale de la cuvette de Portes-la-Vernarède. Dans la région de Trescol, la Grand'Combe, Le Pontil, Le Pradel, c'est la zone 3 qui forme le fond du gisement houiller, à Laval, la zone 3, puis la zone 2 vers la Tuilière, enfin les schistes fissiles de zone 1 à la Minette.

Dans le bassin de Bessèges, le socle est moins bien connu, mais dans la vallée de l'Auzonnet, par exemple, nous voyons au contact du socle : zone 5 le long de la bordure, zone 2 au puits Pisani, zone 1 à St-Florent.

On sait que dans un bassin houiller limnique, les faisceaux « s'ouvrent » depuis le bord de la cuvette jusqu'à atteindre une épaisseur régulière qu'ils conservent sur une certaine distance, puis se schistifient vers le centre de cette cuvette.

C'est bien ce que l'on observe dans le Gard ; les divers horizons productifs augmentent de puissance et s'enrichissent du NE au SW : zone 3 dans le bassin de Bessèges, zone 4 ou 5 entre les Oules et le Mazel, etc... Les schistifications observées le sont par contre vers l'E ou le SE (St-Jean-de-Valérisclé).

PRINCIPAUX ACCIDENTS ET PLIS ANTETRIASIQUES DANS LE BASSIN DU GARD

A) Bassin de Bessèges

PLI ET ACCIDENT DE BESSEGES.

L'accident de Bessèges superpose, entre Bessèges et l'Arbousset, les faisceaux de Bessèges-Arbousset à l'assise d'Arcas-Feljas.

Au N de la Cèze, ce sont les couches de Lalle, terminaison du faisceau de Bessèges et considérées comme équivalentes aux niveaux élevés de celui-ci (voir p. 28), qui se trouvent en position anormale sur le « Feljas ». Plus loin encore, vers le N, l'accident de Bessèges paraît se prolonger par la faille qui borde à l'E les cuvettes de Cros-Combelongue et de Garde Giralde.

Le faisceau de l'Arbousset inférieur de zone 3 apparaît progressivement sous l'horizon supérieur entre Rochessadoules et le puits de l'Arbousset, au voisinage duquel il affleure. Au S de ce puits, les niveaux à Mixoneura de Crouzoul

émergent de même sous la zone 3 pour venir en contact avec l'assise d'Arcas-Feljas non loin du Martinet (un anticlinal secondaire que nous examinerons plus loin, complique quelque peu la structure à la naissance des couches de Crouzoul).

Cet accident de Bessèges, considéré depuis Garde Giralde jusqu'au golfe de Crouzoul, superpose donc à l'assise d'Arcas-Feljas des niveaux de plus en plus anciens du N au S :

- zone 5 à Combelongue et Garde Giralde,
- zone 4 à Lalle et Bessèges,
- zone 3 entre Rochessadoule et l'Arbousset,
- zone 2 au Martinet.

Ceci est le résultat d'un pli faille que nous appellerons *pli de Bessèges*, dont le mécanisme est le suivant :

Considérons la cuvette houillère primitive, constituée par un certain nombre de dépôts successifs numérotés 1, 2, 3, 4, 5. Les niveaux les plus récents débordent l'aire de sédimentation des niveaux plus anciens et sont transgressifs sur le socle. Si un pli s'amorce, suivant une direction XX' quelconque, il n'intéressera, dans la portion marginale de la cuvette, que des terrains de zone 5 ; plus loin, il touchera des bancs de zone 4, en débutant par les plus élevés ; puis, des formations de zone 3, etc... Si la ligne XX' n'entame pas l'aire de sédimentation de la zone 1, celle-ci ne sera pas incluse dans le pli.

Après déplacement du flanc normal, étirement et disparition du flanc inverse, nous observerons bien, superposés à la zone 5, des niveaux de plus en plus anciens du N au S.

Plis et accidents secondaires dans le pli de Bessèges.

Les efforts tectoniques à l'origine de cette grande unité structurale n'ont pas complètement cessé leur action dès l'achèvement du pli de Bessèges ; ils donnèrent naissance à plusieurs accidents et plis secondaires, de même type que le mouvement principal, mais postérieurs à celui-ci et d'une amplitude plus réduite.

— Pli de St-Charles-Arcas.

On sait (p. 30) que le gisement de Bessèges est bordé à l'W par la lentille St-Charles, ensemble de veines d'allure tourmentée, présentant des rebroussements. Il faut y voir un pli secondaire.

Sur la coupe 8 (Pl. 3) (voir p. 32), les couches de « l'ancien Feljas » se rebroussement à l'E pour remonter en surface, et ne se raccordent pas à celles du « nouveau Feljas » dont elles se trouvent séparées par un lambeau de zone 3. Là encore existe un pli secondaire, qui intéresse à la fois le Stéphanien moyen et les terrains qui lui sont superposés par le pli de Bessèges.

Les deux mouvements paraissent se correspondre et nous appellerons l'ensemble *pli de St-Charles-Arcas*.

— Anomalie concernant l'apparition des niveaux de Crouzoul sur les coupes 9 et 10 (p. 33).

Le faisceau de Crouzoul, qui devrait émerger progressivement sous les couches de l'Arbousset inférieur avec le même pendage que celles-ci, semble apparaître en coin entre les zones 3 et 4. La position des niveaux à *Mixoneura* à l'E de la zone 3 résulte de la naissance d'un anticlinal secondaire, provoquant les « relèvements » de certaines veines notés sur les plans de mines. Une faille tertiaire est d'autre part à l'origine du contact des terrains de Crouzoul et de la zone 4.

D'autres plis secondaires sont visibles dans les faisceaux de Bessèges-Arbousset ; tel celui qui se présente la figure 4, Pl. 8). A l'échelle des chantiers d'exploitation, il n'est pas rare de rencontrer des plis ou des rebroussements dont l'amplitude ne dépasse pas quelques mètres.

PLI ET ACCIDENT DE GAGNIERES.

L'accident de Gagnières réalise le contact, au N de la Cèze, des schistes à Esthéries de zone 1 ou des niveaux à *Mixoneura*, avec le

Stéphanien moyen à Cordaites ; de Robiac aux environs du puits Pisani, ce sont les schistes à Esthéries, masqués en surface par le Trias, que les travaux ont touchés en quelques points : à l'E du faisceau de Bessèges à Robiac ; du faisceau de l'Arbousset inférieur, au travers banc de Créal ; des niveaux de Crouzoul, au N du puits Pisani.

Dans la vallée de l'Auzonnet, il superpose enfin aux faisceaux de Crouzoul, des Esteyraings et du Mercoirol ces mêmes schistes à Esthéries qui affleurent à l'E du hameau du Lauze.

L'accident de Gagnières doit être attribué à un pli faille que nous nommerons *pli de Gagnières*, de même nature que le pli de Bessèges, apparemment plus simple puisque prenant naissance partout dans l'aire de sédimentation du Stéphanien inférieur de zone 1 qu'il met, presque partout également, en contact avec les divers niveaux de la partie occidentale du bassin.

1°) Il se trouve compliqué de quelques plis secondaires, dont le plus marquant est le *pli du Souterrain*, qui paraît se poursuivre depuis l'extrême Nord du Bassin de Bessèges jusqu'au voisinage du Castellas ; il met en recouvrement le Stéphanien de zone 5 sur les couches du Souterrain, les schistes à Esthéries de la région des Pilhes et des Vigès, placés par le pli de Gagnières en superposition anormale sur cette zone 5. La coupe 3 (Pl. 3) (voir p. 25), la figure 7 (Pl. 8) renseigne suffisamment le lecteur pour qu'il soit utile de décrire plus longuement la structure du pli du Souterrain.

2°) La continuité est douteuse entre les gisements de Gagnières et de Molières. En effet :

— le sondage du Sanguinet, placé entre ces deux gisements, a recoupé un faisceau schistifié (voir p. 32).

— Si l'on en croit les ingénieurs qui ont anciennement dirigé l'exploitation des mines de Gagnières, les faisceaux de Gagnières et de Molières seraient fort différents.

— Enfin lorsqu'on trace l'intersection avec le plan de cote + 100 de la base des anthracites de Molières, dont le pendage est régulier, on s'aperçoit que cette ligne devrait faire entre la Cèze et le Souot un angle brusque pour venir se raccorder à la base du gisement de Gagnières à l'W du Souet.

Il est donc possible qu'un pli existe, que nous appellerons *pli de Molières*, entre les faisceaux de Gagnières et de Molières. Dans ce cas :

— le gisement de Gagnières se prolongerait vraisemblablement sous les morts terrains à l'E du puits de Robiac ; les schistes à Esthéries touchés par les travaux de Bessèges dans cette région seraient le prolongement de la zone 1 placée sous le faisceau de Gagnières.

— Vers le S, l'ensemble du bassin s'approfondissant, ce sont les schistes à Esthéries de Molières qui viendraient contre les faisceaux de l'Arbousset et de Crouzoul, surmontant les couches de l'écaïlle de Gagnières.

Dans la vallée de l'Auzonnet, le pli de Gagnières proprement dit, prolongement du mouvement observé au N de la Cèze, verrait son amplitude considérablement réduite ; on pourrait uniquement le placer entre les faisceaux des Esteyraings et de Crouzoul ; ce serait le pli de Molières qui superposerait à ceux-ci les schistes à Esthéries visibles sur la coupe faite du puits Pisani au puits de St-Florent (voir p. 35).

Quoi qu'il en soit, il suffit de comparer les coupes de la région de Gagnières et le la vallée de l'Auzonnet, pour constater que les plis de Gagnières-Molières sont beaucoup moins importants dans la vallée de l'Auzonnet qu'au N de la Cèze, au contraire du pli de Bessèges. Il apparaît qu'il existe une sorte de compensation entre les deux mouvements telle que le raccourcissement en largeur du bassin reste sensiblement constant.

PLI DE PANISSIÈRES

Il nous reste à examiner, dans le bassin de Bessèges, un mouvement de type entièrement différent des précédents. Nous savons déjà (voir p. 36) que le sondage de Panissières a recoupé les faisceaux des anthraci-

tes de Molières-St-Florent, surmonté d'une partie du faisceau de St-Jean inférieur et reposant sur plus de 400 m de schistes à Esthéries. Mais cet horizon stéphanien inférieur se trouve à 700 m plus haut qu'on ne devrait s'y attendre en prolongeant dans la direction du sondage les couches de St-Jean de Valérisclé. Or, les seuls accidents tertiaires importants que l'on connaisse entre St-Jean et la vallée de l'Avène sont la faille des Ribots et quelques autres de même type dont l'effet est, au contraire, d'effondrer les terrains vers le S. Force est donc de placer ici un accident ou un pli monoclinal, d'âge antétriasique.

En étudiant la vallée de l'Auzonnet, nous avons remarqué, d'autre part : (voir p. 36).

— que la limite des micachistes et de l'assise d'Arcas-Feljas est, immédiatement au N de l'Auzonnet, dirigée NW sur 1,5 km environ, et reprend ensuite une orientation NNE. Le long de cette limite NW, les terrains sont inclinés à 45° vers le NE; une brèche s'interpose entre le socle et le Houiller, les affleurements des couches restent sensiblement parallèles à la bordure cristallophyllienne.

— que les niveaux houillers de zone 4, 3, 2, 1 se trouvent sensiblement plus bas au N du puits Pisani qu'au S de cet ouvrage; on s'en rend aisément compte en comparant la coupe faite du puits Pisani à celui de St-Florent avec la coupe 9.

Une importante flexure existerait donc entre St-Jean et la vallée de l'Avène, que nous nommerons *pli de Panissières*, qui orientée NW, se prolongerait en direction du puits Pisani.

Ce mouvement est postérieur aux plis de Bessèges et de Gagnières. Il contribue à la surrection de l'éperon cristallin du Rouvergüe séparant les bassins de Bessèges et de la Grand Combe. Il explique également la brusque réduction de largeur des assises houillères au S du Martinet où elles ne forment plus qu'un lambeau, le *golfe de Crouzoul*, correspondant à la partie la plus profonde.

B) Bassin de la Grand Combe-Rochebelle

PLI ET ACCIDENT DE MALPERTUS Pl. 14.

On appelle *accident de Malpertus* la surface de contact entre les niveaux de Grand Baume relevés en dressant et renversés et les couches de la Montagne Ste-Barbe de zone 3, accident dont la trace se dirige du puits de Ricard au Pontil par le col de Malpertus (voir p. 37).

Nous avons remarqué (page 40) qu'au voisinage de cet accident existait dans le socle une dénivellation et que seule la zone 5 fut recoupée, sous les niveaux de Ste-Barbe, par les sondages de Peyraube, Lascous, St-Andéol.

L'accident de Malpertus fut longtemps tenu pour un front de charriage, et le rebroussement de Grand Baume pour un entraînement par l'écaille charriée de Ste-Barbe. Nous croyons devoir expliquer les choses d'une manière quelque peu différente et distinguer :

— un pli déversé, dont la figure 9 b montre, conservé, un lambeau du flanc normal et dont plus au N (Fig. 9 a) les parties redressées des couches Grand Baume, Abylon, représenteraient ce qui reste du flanc NW. Nous lui donnerons le nom de *pli de Malpertus*.

La comparaison des figures 9 a et 9 b nous indique que l'amplitude du pli de Malpertus décroît vers le S; il est probable que ce mouvement est complètement amorti à la Grand Combe; il paraît au contraire prendre de plus en plus d'importance, vers le N et se poursuivre jusqu'au mas de la Rouvière, après un changement de direction au NNW, et passer là au pli-faille; il sépare le gisement de Broussous, d'allure tourmentée (voir p. 43), de la cuvette de Portes et passe peut-être à un pli couché avec étirement du flanc inverse.

Il est difficile de dire ce qui devient au NE du Pontil la faille de Malpertus; il est possible qu'elle se raccorde aux accidents de même type qui se placent dans le bassin de Bessèges le long de la bordure cristalline.

Les failles que l'on voit entre l'Antoinette et le Pontil, au contact des zones 3 et 5, grossièrement parallèles à la limite des micaschistes, se prolongeraient du Pontil à la Rouvière.

PLI ET ACCIDENT DE LAVAL.

L'approfondissement brutal du bassin entre le faisceau de Laval et les sondages de Lascous et du Mazel, nous conduit (voir p. 44) à admettre comme très probable la présence d'un pli entre les zones 4 et 5 dans cette région, que nous nommerons *pli de Laval*.

Celui-ci présenterait l'allure classique du pli-faille; le long du flanc inverse devenu surface de glissement ou *accident de Laval*, s'établirait le contact des niveaux à Cordaites des sondages de Lascous-le Mazel et des terrains de zone 4 de Laval.

Ce mouvement est certainement antérieur à l'arrivée des couches de la Montagne Ste-Barbe, elle-même précédée par une érosion.

Il expliquerait la présence possible de lambeaux de zone 4 sous la Montagne Ste-Barbe au NW du gisement de Laval.

Qu'advient-il du pli de Laval au S du Mazel? Si l'on adopte l'opinion de G. G. Livet (voir p. 45) qui place une lame de zone 4 au sommet du Houiller recoupé au sondage de Malbosc, il faut voir là le prolongement de l'accident de Laval. On suivrait peut-être à l'extrême sud le pli de Laval entre le sondage du Galeison qui aurait reconnu des niveaux de zone 3 et l'affleurement de Malataverne attribué à la zone 5.

On connaît malheureusement assez mal la configuration de la surface de base du Houiller.

PLI ET ACCIDENT DE SAINTE-BARBE.

Nous avons nommé *accident de Ste-Barbe* la surface de séparation entre les zones 4 et 5 sous-jacentes et l'assise de la Montagne Ste-Barbe de zone 3. Nous plaçons à l'origine de cet accident un pli dont le flanc inverse laminé a servi de départ au glissement (voir p. 40).

La charnière de ce pli se placerait à l'E des niveaux de Laval de zone 4, en une région où, dans la cuvette houillère primitive la zone 2 se trouvait en contact avec le socle. Le schéma de la planche 15 expliquant la naissance de ce *pli de Ste-Barbe* est analogue à celui de la planche 11 relative au pli de Bessèges. Les rebroussements visibles dans les couches de Laval sont un vestige du flanc inverse du pli.

On peut être surpris par l'ampleur de l'accident de Ste-Barbe, son horizontalité, et le peu d'épaisseur relative des terrains de zone 3. L'importance de ce mouvement est en effet considérable; mais sa « mécanique » paraît déjà plus normale si l'on admet qu'une puissante série carbonifère, disparue par érosion, devait surmonter ce qui nous voyons de la Montagne Ste-Barbe et que la partie méridionale de celle-ci s'est postérieurement trouvée exhaussée par la surrection du Rouvergue.

De même que dans les deux grandes unités de Bessèges et de Gagnières, le pli de Laval est compliqué de mouvements secondaires.

Parmi ceux-ci, le mieux connu est le *pli de Sans nom*; il affecte à la fois les couches de Ste-Barbe et les bancs stéphanien moyens sous-jacents qu'il remonte jusqu'en surface à Peyraube; ce pli n'est cependant pas disloqué et n'occasionne aucun chevauchement notable.

Le pli de Maltapertus serait également un pli secondaire s'il est postérieur à la mise en place de la Montagne Ste-Barbe.

Aux environs de Montloubier et de l'Antoinette enfin, les niveaux à *Miro-neura* de zone 2 succèdent en affleurements à l'horizon de Sans nom de zone 3 qu'on voit en surface au NW. Simultanément, toute l'écaille de Ste-Barbe se rétrécit entre Cadacut et Montloubier. Il existe donc là un anticlinal, postérieur au pli de Ste-Barbe, anticlinal qui se placerait dans le prolongement de celui

qui, au Martinet, faisait apparaître les bancs de Crouzoul à l'E de ceux de l'Arbousset inférieur.

Au S de la Moulinotte, on ne sait que peu de chose du pli de Laval. Il faut peut-être lui rapporter l'exhaussement du fond du bassin par rapport à la base des morts terrains, constaté aux sondages de Rouvelong et des Plantiers.

PLI ET ACCIDENTS AFFECTANT LE STEPHANIEN INFÉRIEUR A MIXONEURA AU SUD-EST DE L'ANTOINETTE ET A L'ÎLOT DU MAS DIEU.

On aperçoit, le long de la route du Pradel à Alès, au NW de la Tuilière, un certain nombre de plis couchés dans les terrains de zone 2 qui forment le talus de cette route. Paul Bertrand a même signalé au ravin d'Alexandre, que franchit la chaussée à mi-chemin entre l'Antoinette et la Tuilière, un lambeau de zone 4.

Au Mas Dieu, des schistes fissiles à Esthéries se placent au milieu de niveaux productifs à *Mixoneura*; mais ceci ne donne guère d'indications car on sait que des intercalations de schistes à Esthéries s'observent parfois en zone 2.

Il apparaîtrait que toute cette région est affectée de multiples plis couchés ou déversés, dont il est difficile de connaître l'exacte amplitude, mais qui, ne juxtaposant que des niveaux d'âge peu différent, ne semblent nulle part très importants.

PLIS DE ROCHEBELLE.

Les coupes relatives au bassin de Rochebelle, les figures 5 et 6, montrent le gisement de Rochebelle affecté de plis couchés ou déversés nombreux, mais ne conduisant pas, en général, à des chevauchements importants.

ACCIDENTS ET PLI DE ST-GERMAIN.

Nous savons, (p. 46) que le gisement de zone 3 exploité jadis au NW de puits de St-Germain se trouvait en partie recouvert par une formation à *Mixoneura*; nous appellerons *accident de St-Germain* la surface de contact, *pli de St-Germain* le pli couché que nous placerons, par analogie avec ce que nous avons observé partout ailleurs, à l'origine de cet accident.

L'accident de St-Germain se prolongerait à l'E des mines de St-Martin-de-Valgagues, si l'on en croit G. Livet qui, au sommet du Houiller recoupé par le sondage 3 de St-Martin, aurait constaté la présence de schistes fissiles à débris de coquilles rapportés par lui à la zone 1 (p. 46).

PLI DE LA BORDURE CRISTALLINE AU NORD OUEST D'ALÈS

Cette bordure est jalonnée par un réseau de failles tertiaires. Dans cette région cependant, des travaux miniers auraient à plusieurs reprises constaté des rebroussements de couches et, par endroits, un déversement des micaschistes sur le Houiller. Ici peut exister un pli monoclinal antétriasique analogue au pli de Panissières.

RELATION ENTRE LES PRINCIPAUX MOUVEMENTS AFFECTANT LES BASSINS DE BESSEGES ET DE LA GRAND COMBE-ROCHEBELLE

Les bassins de Bessèges et de la Grand Combe-Rochebelle se trouvent séparés par un éperon du Rouvergüe dans lequel les actions tectoniques sont plus difficiles à suivre et ne peuvent l'être que par des méthodes différentes de celles qui sont valables dans les terrains sédimentaires.

Il est cependant certain que les principaux mouvements ont affecté l'ensemble du bassin du Gard; d'autant que la barrière cristalline sé-

parant les vallées de l'Auzonnet et du Gardon leur est postérieure ; la présence de témoins houillers au Gouffre noir, les observations concernant le pli de Panissières (p. 56) en font foi.

Est-il possible de déterminer les relations existant entre les plis et accidents que l'on connaît soit à Bessèges, soit à la Grand Combe ou à Rochebelle ? Tel est l'objet de ce dernier paragraphe.

PLI DE ST-CHARLES ET PLI DE MALPERTUS.

Si le pli de Malpertus est postérieur à la mise en place de l'assise de la Montagne Ste-Barbe (p. 58), il n'est pas impossible de la relier au pli de St-Charles-Arcas, la question ne pouvant être définitivement tranchée sans une étude plus précise des terrains cristallins.

Dans l'hypothèse contraire, le pli de Malpertus serait antérieur à celui de Ste-Barbe, et ne serait que plus difficilement assimilable à celui de St-Charles-Arcas, lui-même postérieur au pli de Bessèges.

PLIS DE LAVAL ET DE STE BARBE ET PLI DE BESSEGES.

Ici également, deux conceptions s'opposent :

— le pli de Laval serait la suite du pli de Bessèges dont l'amplitude aurait diminué depuis le Martinet.

L'accident de Ste-Barbe constituerait le développement d'un autre accident d'importance relativement modeste qui se placerait entre les faisceaux du puits et des Esteyraings. (Si l'on prend en considération l'hypothèse exposée p. 56, de l'existence d'un pli de Molières venant relayer celui de Gagnières, le pli de Ste-Barbe se trouverait ainsi relié au pli de Gagnières proprement dit).

Il faudrait, si l'on admet cette première conception, étudier de plus près les brèches et grès sans fossiles qui bordent le flanc SE du Signal du Rouvergue, et voir ce que représentent ces formations.

— Le pli de Laval est antérieur à celui de Bessèges qui se prolonge à la Grand Combe par celui de Ste-Barbe. Dans ce dernier cas, l'accident de Laval s'amortit au milieu des micaschistes du Rouvergue, les niveaux à *Mixoneura* du Crouzoul, du puits Pisani, des Esteyraings d'une part, sont équivalents et mis en relation par la bande houillère du Mercoirol. La série de zone 3 de la Montagne Ste-Barbe n'est autre chose que la suite du faisceau de l'Arbousset inférieur.

Cette manière de voir est en accord avec l'opinion des différents auteurs ; c'est pourquoi nous croyons devoir l'adopter.

Quelques remarquent s'imposent :

— au puits Pisani ainsi qu'à l'E et au NE du signal du Rouvergue, des brèches se placent entre les niveaux à *Mixoneura* et les micaschistes ; ceux-ci se trouveraient donc avoir participé au mouvement, inclus dans le flanc normal du pli ;

— entre les affleurements de zone 4 de l'Antoinette et le cours de l'Avène s'étend une région où le contact des bancs à *Mixoneura* et du socle se voit moins bien ; là, les brèches de base ne s'observent plus, tandis que des horizons grossiers forment encore un certain nombre de lits dans le Stéphanien inférieur, horizons que l'on retrouve dans le talus de la route du Pradel à Alès (p. 53). Les micaschistes qui seraient inclus dans le pli de Ste-Barbe-Bessèges cesseraient donc d'affleurer au S de l'Avène pour faire place à un terrain houiller primitivement peu éloigné du socle.

— Toute la bordure du Rouvergue est jalonnée de failles et fortement redressée. Ceci explique que les décrochements auxquels on devrait s'attendre dans le tracé de la limite des micaschistes sous l'effort des différents mouvements, sont en réalité peu visibles.

PLI DE GAGNIERES DANS LES BASSINS DE BESSEGES ET DE LA GRAND COMBE.

Nous avons attiré l'attention, dans les chapitres précédents (p. 33) sur la diminution d'amplitude du pli de Gagnières du N au S du bassin de Bessèges. Tandis qu'au N de la Cèze l'accident de Gagnières superpose les schistes à Esthéries de zone 1 au Stéphanien moyen à Cordaites de zone 5, ces mêmes schistes se placent, dans la vallée de l'Auzonnet sur des niveaux à *Mixoneura* d'âge peu différent.

De l'Antoinette à l'îlot du Mas Dieu, ce sont ces mêmes niveaux qui affleurent partout où le houiller ne se trouve pas masqué par les morts terrains mêlés, à l'îlot du Mas Dieu, avec des schistes à Esthéries de position douteuse (zone 1 ou récurrences de schistes fissiles dans la zone 2). L'ensemble est affecté de multiples plis couchés qu'on voit souvent bien dessinés dans le talus de la route.

Rien n'autorise, d'autre part, à placer un accident important entre le sondage de la Minette et le Mas Dieu.

Il semblerait donc que le pli de Gagnières perde encore de l'importance en pénétrant dans le bassin de la Grand Combe et dégénère en une série de petits plis.

PLIS DE ROCHEBELLE ET PLI DE ST-GERMAIN.

L'examen de la carte et des coupes montre que les plis de Rochebelle paraissent s'accuser du N au S et qu'il serait difficile de raccorder l'accident de St-Germain à celui de Gagnières; ceci supposerait un assez brusque décrochement du pli de Gagnières, ainsi qu'une reprise brutale de son amplitude.

Nous croyons donc, (sans preuve absolue toutefois), qu'il s'agit de mouvements sans relation directe avec les précédents, mouvements qui s'amortissent vers le N et ne s'observent plus dans le bassin de Bessèges.

CONCLUSION

Je résume les traits principaux de la structure du bassin du Gard :
formation de la cuvette primitive par une transgression des sédiments de l'E vers l'W :

naissance, avant le dépôt du Trias :

— de plis dyssymétriques allant du pli déversé au pli faille avec charriage de quelques kilomètres au plus. De tels mouvements sont multiples, formés progressivement; leur amplitude varie selon les points, et ils se compensent l'un l'autre de telle sorte que le resserrement du bassin qu'ils provoquent soit constant. Des plis failles secondaires se forment sur les nappes en place.

— de plis orientés SE-NW dont le plus remarquable, dans la vallée de l'Auzonnet, est à l'origine de la surrection du Rouvergue;

remaniement de l'ensemble par une tectonique tertiaire engendrant des plis réguliers, à grand rayon, et de multiples accidents orientés, soit SSW-NNE, soit ESE-WNW, soit parallèlement aux bordures cristallines.

CHAPITRE III

Bassin houiller et permien de Graissessac

NOTE PRELIMINAIRE

La moitié orientale du bassin, à l'E du ruisseau des Salles, est de beaucoup la plus importante : là se trouvent la plupart des travaux miniers, des veines de houille et des bancs fossilifères, permettant d'utiles observations. J'ai consacré à l'étude de cette région la majeure partie de mon temps.

La moitié occidentale est moins riche, en grande partie couverte de dépôts grossiers. Je la décrirais plus rapidement, me bornant à résumer les caractères généraux et à relater quelques observations nouvelles, telle la présence de *Mixoneura* à St-Geniès. Il ne m'a pas été possible de la figurer sur la carte de la Pl. 2 : je prie le lecteur de bien vouloir se reporter ici, pour les noms géographiques, à la feuille de Bédarieux, 2^{me} éd. de la carte géologique de France au 1/80.000.

GENERALITES

Le bassin houiller de Graissessac forme, depuis la vallée de l'Orb jusqu'à l'E de Murat-sur-Vèbre, à 80 km environ au NW de Montpellier, une bande allongée, large de 1 à 2 km, placée un peu au N de la vallée de la Mare.

L'altitude ne dépasse qu'exceptionnellement 700 m. Le relief est cependant tourmenté ; les affluents de la Mare ont creusé de nombreuses dépressions orientées NNW-SSE, dont les principales sont celles de l'Espace, du Clédou, du Rouissou. Des ruisseaux de moindre importance : le Fialhomme, le Rigassels, les torrents de Janenc, de Mècle, de Peyremale, de Rongas, ont donné naissance à des ravins escarpés.

Graissessac, Camplong, Plaisance sont les seules agglomérations quelque peu importantes à l'intérieur du bassin.

Le Bousquet d'Orb, à la limite du Houiller, est le principal centre économique, où doivent être concentrées les installations de traitement et d'expédition des charbons.

Avec la vallée de la Mare, celle de l'Orb est la grande voie de communication de la région, suivie par la voie ferrée de Béziers à Paris par Bédarieux et le Bousquet. Un embranchement réunit la Tour-sur-Orb à Graissessac, St-Gervais, Plaisance.

Si la vallée de l'Orb possède de riches vignobles, l'agriculture est peu développée sur les terrains houillers. Les hauteurs de Graissessac, Camplong, les Nières montrent quelques surfaces arables ; la majeure partie du bassin de Graissessac est inculte ou couverte de châtaigniers.

C'est l'industrie charbonnière qui constitue la grande richesse de la région. Rattaché aux Houillères des Cévennes, dont il forme l'un des quatre groupes, le bassin de Graissessac, avec son extraction annuelle de 330.000 tonnes, se classe parmi les gisements de moyenne importance du Massif Central.

LIMITES

Vers le N, le terrain houiller apparaît à l'W du Bousquet, sa limite septentrionale se dirige E-W jusqu'à l'Alzou ; là, elle est décrochée par un accident qui la rejette vers le S, reprend la direction E-W, s'en écarte quelque peu pour épouser les sinuosités du relief, franchir la vallée de l'Espace et escalader les hauteurs du col de la Pauze. A 200 m au N du col elle vient buter contre le grand accident dit « de Vendredi » dont la trace est orientée SW-NE. Au delà, on la situe à 300 m au S de Provères. Plus loin, c'est une ligne grossièrement E-W qui chemine non loin de Mècle, des Combals, de St-Geniès-de-Varensal, de La Croix-de-Mounis.

Cette limite N est en général une limite d'érosion sauf, bien entendu, aux points où elle se confond avec un accident transversal. Ceci résulte de l'examen des coupes et de la présence, observée en de nombreux endroits, près de son contour, d'une formation schisto-charbonneuse caractéristique, placée sous une grosse épaisseur de grès.

Vers le S, au contraire, le Houiller est bordé, depuis l'Aire Raymond jusqu'à Estrechoux, par une grande faille rectiligne contre laquelle viennent buter, dans la région de l'Espace, des niveaux élevés du Carbonifère. Vers le ruisseau de Prades, le Stéphaniens déborde cet accident, mais se heurte à nouveau, bientôt, à une autre faille de même nature qu'on observe au Bouis, dans les tournants du chemin de Castanet aux Nières. Au S des Salles, cette faille, jalonnée par des filons de quartz et de barytine, est bien visible.

Au delà du ruisseau des Salles, les assises carbonifères débordent une nouvelle fois l'accident-limite S, mais rencontrent bientôt une troisième faille du même type qu'elles ne franchissent qu'au ruisseau de Combals, en un endroit où la largeur du bassin de trouve réduite à quelques centaines de mètres. A l'E de ce cours d'eau, la frontière entre le terrain houiller et les formations du socle suit une ligne de direction générale E-W, quelque peu sinueuse, qui finit par rejoindre la limite N. Ainsi le bassin de Graissessac se termine en pointe vers l'W.

A l'E enfin, de l'Aire Raymond au Bousquet, le Stéphaniens est recouvert par le Permien de la vallée de l'Orb.

ASPECT D'ENSEMBLE DU BASSIN DE GRAISSESSAC

Le bassin de Graissessac est un synclinal dont l'axe suit à peu près l'allongement de la bande houillère ; le flanc N est assez régulier, le flanc S plus faillé.

Ce synclinal se trouve coupé par un certain nombre d'accidents transversaux de nature diverse, au travers desquels l'exploitation ne peut suivre les couches. De ce fait, le bassin de Graissessac est divisé en plusieurs régions sans liaison entre elles ; ce sont :

— A l'E, du Bousquet au ruisseau de Rigassels, la *zone des faisceaux de l'Orb*. On exploite là le *faisceau de l'Orb* proprement dit et le *petit faisceau du Marronnier*, par le puits Debay du Bousquet et des travers-bancs et galeries à flanc de coteau.

— Entre le ruisseau de Rigassels et la vallée de l'Espaze, la *zone de Verrières*, où se plaçait l'ancienne mine du Cap nègre, actuellement rattachée à la mine du Bousquet.

— De la vallée de l'Espaze à Graissessac, la *région « rive gauche »* (du Clédou), déhouillée par le puits de la Padène, la galerie St-Joseph, les anciens puits Kunholtz et Ste-Barbe (ouvrages implantés sur la rive gauche du ruisseau du Clédou).

— De Graissessac au ruisseau des Salles, la *région « rive droite »* (du Clédou), exploitée par la galerie Grandchamps, placée sur la rive droite du Clédou (d'où le nom de « rive droite »).

— Entre le ruisseau des Salles et le méridien de St-Geniès-Plaisance, un territoire assez mal connu, renfermant la montagne de Mècle où se voient quelques affleurements, un seuil stérile vers les Combals, quelques veines inexploitées entre les Combals et St-Geniès.

— A l'W de Plaisance, le petit gîte d'antracite de Plaisance, épuisé depuis peu, auquel on doit rattacher quelques veines mal explorées qui affleurent au SW de Pabo.

— Enfin, l'extrémité occidentale du bassin, occupée par des formations grossières.

Les charbons de Graissessac sont des anthracites à 6-8 % de matières volatiles ; à Graissessac et au Bousquet, ces matières volatiles représentent 12 à 18 % du combustible, ce chiffre paraissant aller en augmentant légèrement de la « rive droite » à l'Orb.

Le tonnage extrait en 1948 (la mine de Plaisance se trouvant encore en activité) se répartit ainsi (en tonnes) :

Plaisance	30.000
Rive droite	75.000
Rive gauche	121.000
Bousquet	104.000
(Verrières et Orb)	
	330.000

RESULTATS GENERAUX DES PRECEDENTES ETUDES SUR LE BASSIN DE GRAISSESSAC

Le bassin de Graissessac est exploité depuis fort longtemps, la première concession étant de 1767.

Si quelques publications sommaires font mention de Graissessac durant la première moitié du XIX^{me} siècle, Napoléon Garella fut le premier à publier, en 1843, une bonne monographie du gisement ; il décrit l'allure générale du bassin en synclinal dyssymétrique, les roches constituant le terrain houiller, note l'abondance des poudingues dans la région occidentale, reproduit enfin dans son ouvrage une carte géologique et les plans de l'exploitation. (31)

De 1843 à 1935, seules paraîtront, concernant Graissessac, quelques notes fragmentaires ; plusieurs hypothèses sur la formation du terrain houiller, sa structure, y sont exposées ; la présence de calcaire est signalée dans la montagne de la Padène, à Camplong. (1, 2, 3, 4, 35).

En 1877, Grand Eury donne une liste assez complète des végétaux fossiles recueillis dans les différents quartiers (34).

En 1935, M. le Professeur Thorat, dans une thèse sur les terrains primaires de la Montagne noire, (72) consacre 25 pages, 14 figures et coupes ainsi qu'une carte, au bassin de Graissessac ; il résume et groupe les documents épars dans les notes précédemment publiées, y joint de nouvelles observations et donne une série de coupes d'ensemble.

M. Thorat admet une lacune du Stéphanien tout à fait inférieur ; il classe dans « l'étage des Cévennes », intermédiaire entre ceux de Rive-de-Gier et de St-Etienne, la plus grande partie de la formation houillère ; dans le Stéphanien moyen, les couches supérieures exploitées à Camplong. Le stérile placé sous l'Autunien représenterait le Stéphanien supérieur, lequel passerait en continuité au Permien. Postérieurement à l'Autunien, la dépression houillère se trouve resserrée entre les Massifs de l'Epinouze et du Caroux au S., du Mendic au N, et ployée en synclinal laissant croire que les poussées se sont exercées du N au S.

En 1950, M. Gèze décrit rapidement les quelques gisements carbonifères de la Montagne noire (thèse, 32 p. 67 à 71) et leur recouvrement permien. Il place une discordance entre Houiller et Autunien. Il constate, par contre, à Lodève, un passage progressif avec fréquente récurrence de faciès, de l'Autunien supérieur aux grès rouges.

CRITIQUE DES PRECEDENTES OPINIONS, FAITS NOUVEAUX APPORTES

Les travaux antérieurs, en particuliers ceux de MM. Thorat et Gèze, gardent toute leur valeur ; c'est avec raison, notamment, que M. Thorat considérerait la région orientale comme plus récente.

En 1949, les Houillères des Cévennes ont bien voulu me demander une étude détaillée du gisement, avec, principalement, mission d'établir une relation entre les différents districts miniers.

On avait tendance à admettre que les différentes veines connues depuis les Salles jusqu'à la vallée de l'Orb dépendaient, en gros, de la même formation charbonneuse. Après une recherche aussi minutieuse que possible des différents indices et niveaux repères, j'ai constaté une transgression des niveaux houillers de l'W vers l'E : en cheminant dans cette direction, on voit naître de nouvelles couches (érodées plus à l'W), tandis que les faisceaux inférieurs s'amenuisent contre le socle, se réduisent à quelques passées charbonneuses et, finalement, disparaissent.

La découverte, à St-Geniès-de-Varensal, dans la région orientale du bassin, de *Mixoneura flexuosa* G.E., fossile des assises stéphanienues inférieures du Gard et de St-Etienne, laisse penser que cette loi peut être généralisée et reste valable pour la plus grande partie du gisement de Graissessac.

La transgression observée dans les niveaux houillers se poursuit au Permien : on passe sans discordance au Permien inférieur, puis au grès rouge. Les schistes à *Walchia* débordent le Carbonifère et viennent au contact du socle, eux-mêmes à leur tour débordés par les grès rouges. Les relations entre Houiller et Permien paraissent analogues à celles de deux assises stéphanienues successives.

STRUCTURE D'ENSEMBLE DU BASSIN DE GRAISSESSAC

Le bassin de Graissessac est un synclinal dyssymétrique d'axe E-W dont le flanc S est souvent jalonné d'accidents qui rendent l'exploitation difficile, le flanc N plus régulier.

Dans la partie orientale du bassin, entre les Salles et le ruisseau du Clédou, sont déhouillées les veines du faisceau « rive droite », elles-mêmes couronnées, vers le puits des Nières, par quelques couches peu explorées appartenant au faisceau « rive gauche ».

A l'E d'une importante faille, l'accident de Vendredi, ce dernier est à peu près seul exploité, tandis que le faisceau « rive droite » se réduit à quelques veines mal connues, dénommées « misères », au mur des couches « rive gauche ».

Celles-ci se trouvent surmontées, vers la Chapelle St-Sauveur et le puits Sans, de niveaux de schistes bitumineux à écailles de poisson. Ces schistes se placent, dans le district de Verrières, à 80 m au mur de la couche Verrières. Le faisceau « rive gauche » et ce qui peut rester du faisceau « rive droite » forment donc ici la partie inférieure du gisement.

Dans la région de l'Orb, cette veine Verrières vient se confondre avec la couche n° 3 de l'Orb. Toute la série, si puissante à Graissessac, de l'ensemble « rive droite » et « rive gauche » n'est plus représentée que par les veines 0 à 2 de l'Orb, et quelques filets charbonneux avoisinant le socle. Enfin, le faisceau de l'Orb lui-même se resserre en approchant de la vallée du Bousquet.

Le Permien inférieur couronne le Carbonifère à Fontenilles, au Sénégra, au N de l'Aire Raymond. Ses limites restent parallèles aux lignes de niveau des couches de houille, qui jamais ne sont coupées par les schistes à *Walchia*. Tout au plus peut-on noter, au passage houiller-Permien, une légère discontinuité lithologique. Enfin la transition du Permien inférieur aux grès rouges, est comme le montre la coupe 88 (Pl. 7), progressive (1).

Si, partant des Salles, on se dirige maintenant vers la partie occidentale du bassin, on observe le développement des niveaux inférieurs à la couche Grand Pas (au mur du faisceau rive droite) : des formations grossières et par endroit rubéfiées, prennent naissance contre le socle, envahissent une grande partie du terrain houiller ; c'est au milieu de ces roches que j'ai recueilli *Mixoneura flexuosa*, tapissant un banc de grès, près de St-Geniès-de-Varensal.

(1) Constatation faite également à Lodève par G. Gèze.

STRATIGRAPHIE

Le socle

Le socle est partout constitué par des terrains cambriens, cristallophylliens et cristallins. Les roches dont il est formé sont décrites par M. Thorat (thèse, 72 p. 252-256) ; nous ne saurions mieux faire que de renvoyer à la thèse de cet auteur dont l'ouvrage est consacré au Primaire ancien et à l'Antécambrien.

En résumé, selon M. Thorat, sur la bordure N « les terrains houillers reposent en discordance sur l'Algonkien du Mendic, depuis le Bousquet d'Orb à l'E jusqu'à Peyremale et les Longagnes » ; sur la bordure S, on voit, « d'E en W,... les dépôts houillers buter contre le Cambrien de la vallée de la Mare, puis reposter en discordance sur les séricitoschistes de St-Gervais, sur les mylonites du Géorgien entre Plaisance et Castanet-le-Haut, enfin sur les micaschistes du flanc N du Mont Caroux entre Castanet et Ginestet. Depuis Ginestet jusqu'aux Longagnes, où le bassin se termine en pointe, la faille de Nissoulières met en contact les poudingues houillers avec les calcaires et les schistes cambriens de la zone de Boissezon-Mélagues ».

Ceci montre la grande variété des roches constitutives du socle : schistes lustrés, calcaires, schistes et grès du Cambrien, granulite à quartz coloré du Mendic, micaschistes, etc..

Les travaux n'ont que rarement touché le fond du bassin. A Graissessac, seul le puits de la Padène atteint le socle vers la cote + 150. Dans la zone de l'Orb, trois travers bancs au mur de la couche O de l'Orb y pénètrent entre le Bousquet et le ruisseau de Rigaussels.

Les coupes indiquent un abaissement régulier du fond du synclinal de l'W à l'E ; celui-ci ne descendrait guère en-dessous du niveau + 100 au quartier « rive droite » ; il se place entre 0 et — 100 à la « rive gauche » ; descend à — 200 puis — 350 dans la zone de Verrières et de l'Orb.

Le houiller

A Graissessac, comme dans le Gard et la plupart des gisements carbonifères du Massif Central, les roches du Houiller dont des brèches, conglomérats, grès, schistes, houilles, auxquels on peut ajouter, de ci et de là, quelques formations calcaires peu importantes.

Les brèches, qui manquent complètement dans la moitié orientale du bassin, deviennent, par contre, localement abondantes dans la partie occidentale ; sur la route de St-Geniès à Plaisance on aperçoit des brèches de base dont les éléments atteignent facilement plusieurs centimètres.

Les conglomérats, très rares de la « rive droite » à l'Orb, (là, on ne connaît que quelques bancs peu épais à petits graviers de quartz), prennent de l'importance à la hauteur du ruisseau de Bédas et, plus à l'E, occupent de larges surfaces, surtout près de la bordure N.

On retrouve dans les galets de ces conglomérats les débris de différentes roches. M. Thorat (thèse, 72 p. 249-250) note la présence :

à l'extrémité orientale du bassin, de quartz, grès micacés, schistes verts noirs provenant de roches qui affleurent aujourd'hui à peu de distances au S et à l'W ;

au pont de la Mouline, en plus des éléments ci-dessus, de plaques de schistes verts analogues aux schistes cambriens ;

au NE de la Gineste, de petits éléments de schiste, schiste métamorphique, grès et quartzite, et d'un seul galet altéré de gneiss granulitique ou de pegmatite ;

— dans le ravin de Peyremale, de quartz, schistes, grès divers, rares calcaires, et de mylonites du Géorgien.

M. Thorat remarque :

— que ces différents débris proviennent de roches affleurant actuellement vers les monts de Marcou, au N, et le plateau de Murat-sur-Vèbre à l'W et au SW ; on ne rencontre que peu d'exemplaires pouvant être comparés aux roches métamorphiques du massif de l'Espinouze. Ou bien, pense cet auteur, la zone axiale de l'Espinouze se trouvait encore recouverte à l'époque de terrains cambriens et ordoviciens, ou bien aucun cours d'eau important n'arrivait de ce massif vers le bassin de Graissessac ;

— que l'on n'observe pas, dans les différents galets, de Dévonien ni de Dinantien typique (thèse, 72, p. 251), ce qui laisserait supposer l'intervention de mouvements épirogéniques importants à la fin du Silurien.

Nous n'ajouterons, concernant les conglomérats de la région de St-Genis-les-Combals, qu'une observation nouvelle : fréquemment les galets sont rubéfiés superficiellement et rappellent, par l'aspect, ceux du Permien supérieur. Il paraît bien s'agir là d'une altération superficielle antérieure à la mise en place, liée aux conditions climatiques au moment du dépôt.

Les grès ne diffèrent guère du grès houiller banal, plus ou moins grossiers toujours micacés. Ils forment une puissante assise à la base du faisceau A exploitée à la rive droite (voir p. 70), assise qui se retrouve tout le long de la bordure N au-dessus d'une petite formation schisto-gréseuse, entre Graissessac et le Bousquet. Ailleurs, les grès restent abondants, mais entrecoupés de schistes.

Ces schistes sont, eux aussi, d'aspect banal, accompagnant les couches de houille, des filets charbonneux, ou bien entièrement stériles. Il convient cependant d'accorder une mention spéciale aux formations de schistes bitumineux qui couronnent la montagne de la Padène et affleurent au-dessus du cimetière de Camplong, ainsi que le long de l'Espaze au S de ce village. Ce sont des roches à grain très fin et serré, portant des empreintes d'écaillés de poisson, se délitant en plaques minces, d'un noir franc à la cassure.

Quelques lentilles de calcaire accompagneraient ces schistes bitumineux vers Camplong et la montagne de la Padène.

D'autres formations calcaires enfin, sous forme de rognons de carbonate de fer, de chaux et de magnésie (voir 35, p. 77) de couleur jaune ocre, renfermant quelquefois des débris végétaux surmontent fréquemment des couches de houille. On peut voir ces « rognons de fer » au-dessus des couches Brochin « rive droite » et « rive gauche », dans les affleurements de la tête du puits Riben, aux environs de Camplong, etc...

Nous croyons devoir placer ici l'indication des espèces végétales fossiles signalées à Graissessac précédemment à ce travail et qu'il n'est pas possible en général de répartir entre les différents districts :

Grand Eury mentionne dans le bassin de Graissessac :

« Fréquents *Calamites cisti* avec *C. suckowii*, *C. approximatus*, *C. planicostatus* paraissant se rattacher aux *Calamophyllites communis*, avec *Asterophyllites affinis*. Des *Calamites cruciatus*, *Equisetites infundibuliformis*. Quelques *Annularis brevifolia* et assez de *longifolia* avec *Bruckmannia tuberculata*. Fréquents *Sphenophyllum oblongi-fimbriatum*, *Pecopteris chaerophylloides*; nombreux *Pecopteris pluckeneti* (sans *excipulites*). Très nombreux *Pecopteris polymorpha* plus ou moins lobulés; assez de *P. oreopteridia*; *P. schlotheimi* ne paraissant pas très nombreux; *P. unita*, plusieurs *Caulopteris peltigera*, *macrodiscus*, mais assez rares *Psaroniacaulon*. Assez d'*Odontopteris reichiana*, sorte d'*O. neuropteroides*; peu d'*Alethopteris grandini*, *A. gigas minor*, *Dictyopteris brongniartii*; *Aulacopteris*, *Doleropteris naeggerathiodes*; *Schizopteris* en panache. Assez de *Sigillaria* ou *Syringodendron* au toit de la veine Dame, fréquents *Sigillaria brardi* (il y en a dans la houille); assez de *Sigillaria alternans*; *Sigillariastrobus*; *Stigmariopsis inaequalis* commun. Dans la houille du Pas-Gras, surtout *Cordaites* et *Sigillaria*. A Camplong, les schistes sont pleins de *Cordaites*; leur abondance est à remarquer avec des *Pecopteris oreopteridia* et *P. unita*; *Cordaites angulotriatus*, *C. borassifolius*, et beaucoup de *C. palmaeformis*, *Trigonocarpus noeggerathii*, *Samaropsis forensis*, etc ».

Nous donnerons, au cours de la description des différentes régions du bassin de Graissessac, la liste des espèces que nous avons recueillies, liste que nous comparerons aux précédentes ; nous examinerons alors (voir p. 73) les résultats auxquels conduit l'étude de la flore de Graissessac.

DESCRIPTION STRATIGRAPHIQUE DES DIFFERENTS DISTRICTS

REGION OCCIDENTALE DU BASSIN, A L'W DU RUISSEAU DES SALLES.

On ne trouve, dans la région occidentale du bassin qu'un seul gîte exploité depuis fort longtemps, à Plaisance, non loin de la limite S ; de superficie assez restreinte, il renferme un charbon anthraciteux de bonne qualité ; il est malheureusement épuisé.

Entre le faisceau des anthracites et le socle est intercalée une formation de brèches à très gros éléments, bien visible sur la route de Plaisance à St-Geniès. Ces brèches affleurent largement entre ces deux villages, sur la rive gauche du ruisseau de l'Olques ; elles occupent de larges espaces le long de la bordure N, entre St-Geniès et Mècle. Leur épaisseur est cependant un peu moindre qu'elle ne le paraît, les mêmes bancs affleurant à plusieurs reprises par suite du jeu de failles.

L'exploitation de Plaisance est assez pauvre en fossiles ; *Cordaïtes lingulatus* G. E. se montre çà et là sur les terrils. Mais sur la route de la Croix de Mounis, au delà de la Gineste, on recueille, près des affleurements des anthracites, *Odontopteris reichi* Gutb. abondant, mêlé aux Cordaïtes. D'autre part, non loin de la limite septentrionale du Houiller, sur la route de St-Geniès aux Combals, peu après St-Geniès, un banc de grès est tapissé de pennes d'un *Mixoneura* que M. Corsin a déterminé comme appartenant à l'espèce *flexuosa* G. E.

A l'W de Pabo, le Houiller se prolonge encore assez loin mais la largeur de ses affleurements diminue ; on voit encore quelques couches de houille, mais les formations grossières prennent une importance toujours plus grande.

A l'E de Plaisance, des schistes et des grès avec filets charbonneux s'observent au S de Sals et de Combals ; à l'E de Peyremale, ils sont très tourmentés et coupés d'accidents. Au S de Mècle enfin se placent trois ou quatre affleurements de schistes charbonneux peu fossilifères mais avec quelques débris de Cordaïtes. Lorsque nous examinerons (p. 86) la structure de cette région, nous verrons qu'il s'agit de formations au mur de la couche Grand Pas, la plus basse de la « rive droite ».

REGION « RIVE DROITE ».

On dénomme ainsi, dans les exploitations, le compartiment déhouillé par la galerie Grandchamps.

Nous préciserons davantage et nous appellerons *région rive droite* l'espace compris entre le ruisseau des Salles et le tracé, figuré sur la carte, de l'accident de Vendredi.

Voici la série que l'on observe de bas en haut, à la « rive droite » :

1°) A la base, le talus de la route du col de Layrac et le ruisseau des Salles permettent de voir, reposant sur le socle, une série schisteuse d'une vingtaine de mètres, avec passées charbonneuses. Celles-ci doivent correspondre aux couches Elquio et Pommier qui furent l'objet de quelques tentatives d'exploitation non loin de Graissessac.

2°) Une épaisse formation de grès (80 m au moins) que traverse la route du col de Layrac et qu'on voit également au mur des affleurements de la couche Grand Pas, au-dessus de Graissessac.

3°) Le faisceau Grand Pas-Dame comprenant les couches :

Grand Pas

Passet

Pas Gras

Pas Brutal

Dame.

L'ensemble occupe 80 m en verticale sur le méridien — 1400 des plans des mines de Graissessac, 40 m au méridien — 600, de 20 à 30 m au méridien — 300.

4°) Un intervalle de 130 m sur le méridien — 1.000 de 80 m environ sur le méridien — 300, dans lequel se placent deux autres couches exploitées :

Burelle (rive droite)

Brochin (rive droite)

Nous appellerons par définition *faisceau A* l'ensemble des couches jusqu'à Brochin (rive droite) incluse.

5°) Des formations au toit des précédentes, renfermant un certain nombre de veines, connues au puits des Nières et visibles dans le talus de la route du Layrac. L'une de ces couches, dans laquelle ont été faits quelques travaux, fut nommée St-Etienne, par analogie avec la couche connue au-dessus de Brochin rive gauche.

Dans les échantillons recueillis, nous avons reconnu :

— sur les schistes à la base du faisceau A. *Pecopteris polymorpha* Br.

— aux environs des affleurements de Grand Pas, vers le méridien — 300, non loin de la cheminée d'aération en couche Dame : *Cordaïtes lingulatus* G. E., *Linopteris neuropteroides* Goepp formant un niveau dans les grès, au mur de la couche Grand Pas ;

— dans le toit de la couche Dame, toujours vers le méridien — 300, sur les affleurements : *Callipteridium pteridium* Schl. *Pecopteris unita* Br., *P. polymorpha* Br., *Odontopteris reichi* Gutb. *Pecopteris cyathea* Schl., *Annularia*, *Equisetites*, *Calamites* divers,

— dans les entre-deux d'une couche paraissant placée entre le faisceau Grand Pas-Dame et Burelle (rive droite) : *Linopteris neuropteroides* Goepp à pinnules un peu plus petites que les échantillons de Grand Pas ;

— dans les schistes en tête du puits Riben : *Cordaïtes lingulatus* G. E., *Pecopteris cyathea* Schl., *P. arborescens* Schl., *P. polymorpha* Br.

REGION « RIVE GAUCHE ».

Nous appellerons ainsi l'espace situé entre l'accident de Vendredi et le méridien + 3.000.

La série stratigraphique observée à la « rive gauche » dans la montagne de la Padène, est :

1°) à la base, des schistes comparables à ceux de la « rive droite », en contact avec le socle, visibles au col de la Pauze et dans la vallée de l'Espace, au N de Vigne Cave ;

2°) des grès massifs recoupés par le chemin du col de la Pauze et le ruisseau d'Espace ;

3°) une série schisto-charbonneuse épaisse de 15 à 20 m entre Graissessac et le col de la Pauze. A Vigne Cave est exploitée, dans des formations analogues, la couche Sabatier ;

4°) une succession de grès et de schistes, bien observable sur le chemin du col de la Pauze (à Vigne Cave, une faille gêne les observations). Ces grès et schistes renferment plusieurs couches, dont une affleurant dans une vigne et épaisse de plus de deux mètres.

Les terrains précédents sont au mur de la couche Giral ; ils occupent un peu moins de 200 m à Vigne Cave et dans la région de l'Ayrolle. Au puits de la Padène, l'ensemble se réduit à 100 m, montrant toujours une grosse assise de grès épaisse de 50 m surmontant 9 m de schistes en contact avec le socle et couronnés eux-mêmes de 40 m environ d'une alternance de schistes et de grès. Ce puits a recoupé cinq couches de houilles inférieures à Giral et nommées « misères ».

5°) Le faisceau exploité à la rive gauche :
le faisceau Giral-Loubat comprenant les veines :

Giral
Poupon
Loubat

occupant 60 m en verticale au méridien 1000, 40 m au méridien 2000.

le faisceau Giral-Poupon est lui-même surmonté des couches du toit :

Burelle (rive gauche)
Brochin (rive gauche),
St-Etienne
Pilate

la couche Pilate se trouvant à 150 m au-dessus de Loubat sur le méridien 2000

6°) Les formations au-dessus des couches exploitées :

Dans la région du puits Sans et de la Chapelle St-Sauveur, on trouve une notable épaisseur de terrain houiller superposée au faisceau B. C'est dans ce terrain qu'apparaissent les schistes bitumineux à écailles de poisson, dont le principal niveau peut être situé à 80 m environ de la veine Pilate, et suit le flanc de la Montagne de la Padène.

Ces niveaux schisto-gréseux supérieurs à la veine Pilate renfermant eux-mêmes quelques couches de houille ; mais celles-ci sont très mal connues, seul le puits Sans, peu profond, constitue une ancienne tentative de reconnaissance.

Telle est la coupe que l'on observe dans la majeure partie de la région « rive gauche », à Graissessac, à Camplong, au voisinage du puits de la Padène.

Au S de Graissessac se place un panneau d'étendue assez limitée, allant de l'accident de Vendredi au Clédou, appelé le « panneau de Vendredi » ; les couches jadis exploitées dans ce périmètre ne sont pas raccordées à celles que l'on déhouille à l'E de Graissessac et ont été nommées :

Burelle (Vendredi)
Brochin (Vendredi)
Inconnue (Vendredi)
Ubertino
Thomas
Bascoul

Nous verrons comment on peut les assimiler aux autres veines de la « rive gauche ».

Nous appellerons par définition *faisceau B* l'ensemble des terrains compris entre la couche Giral incluse et le principal niveau de schistes à poissons.

La flore recueillie à la « rive gauche » nous a fourni les échantillons suivants :

— dans les schistes du col de la Pauze : *Pecopteris cyathea* Schl., *P. polymorpha* Br.

— série schisto-charbonneuse superposée aux grès massifs dans le chemin du col de la Pauze : *Callipteridium pteridium* Schl., *Linopteris neuropteroides* Goepf. dans les grès du mur ;

- sur un affleurement entre la série précédente et le hameau de l'Ayrolle : *Pecopteris dentata* Br.
- dans les déblais de l'exploitation Giral-Poupon à Vigne Cave : *Cordaites lingulatus* G. E., *Poacordaites*, *Pecopteris pluckeneti* Schl., *P. polymorpha* Br., *Odontopteris reichi* Gutb.;
- sur les affleurements de Brochin (rive droite) dans la vallée de l'Espaze : *Cordaites lingulatus* G. E., *Sigillaria brardi* Br. abondant ;
- au voisinage des schistes à poissons : *Cordaites lingulatus* G. E., *Alethopteris grandini* Br.

REGION DE VERRIERES.

Nous appellerons région de Verrières, l'espace limité à l'W par le méridien 3.000, à l'E par une ligne suivant approximativement le ruisseau de Rigaussels. La nature extrêmement boisée de la surface ne permet guère d'y faire de multiples coupes. On distinguera :

- les terrains *au-dessous du principal niveau de schistes à poissons* (voir p. 80), dont l'épaisseur paraît atteindre 500 m et qui renferment un certain nombre de veines ;

couches du percement Paul

couche n° 1,

couche n° 2

Zélia

Félicie

- les terrains compris entre le principal niveau des schistes à poissons et la couche Verrières incluse, située à 80 m environ au-dessus de ces schistes dans les exploitations, que nous appellerons *faisceau C* ;

- les formations *au-dessus de la couche Verrières* qui, ainsi que le montre l'observation du talus de la route de Graissessac à La Tour à l'E de la vallée de l'Espaze, renferment encore plusieurs affleurements de houille. Elles constitueront le *faisceau C'*.

La flore de la région de Verrière ne nous a livré qu'un petit nombre d'échantillons, surtout de *Cordaites lingulatus* G. E. et *Pecopteris unita* Br.

REGION DE L'ORB.

A l'E de la région de Verrières, celle de l'Orb, régulière, est assez bien connue par les exploitations, sept couches numérotées de bas en haut, 0 à 6, font l'objet de travaux plus ou moins étendus. D'autres, inexplorées, paraissent exister sous la couche 0, non loin du socle, visibles dans le ruisseau d'Alzou : leur intérêt pratique est nul, étant donné leur puissance réduite et la mauvaise qualité du combustible. Les quelques travers bancs au mur de la couche 0 le confirment.

A l'E du ruisseau d'Alzou, on ne trouve plus d'écailles de poisson, mais entre les veines 1 et 2 se place un assez gros banc de schistes bitumineux qui paraît bien être le prolongement du principal niveau de schiste à poissons.

L'épaisseur du terrain houiller serait plus faible à l'Orb qu'à Verrières, et se réduirait à 450 m au méridien 5.200.

L'espace occupé en verticale par le faisceau de l'Orb (couches 0 à 6) se réduit également d'W en E et passe de 180 m à 100 m. Nous retrouvons là un phénomène déjà noté dans les régions rive droite et rive gauche.

Près du Bousquet, on exploite le petit faisceau du Marronnier qui semble n'être que le faisceau de l'Orb rejeté par une faille.

Cordaites lingulatus G. E. est toujours abondant dans la région de l'Orb, accompagné d'*Odontopteris* et d'un certain nombre d'espèces plus ou moins ubiquistes telles que *Pecopteris unita* Br.

LES TERRAINS PERMIENS

Le *Permien inférieur* comprend des grès, plus ou moins bitumeux, devenant jaunâtres par altération, des schistes et des marnes noirs ou diversement colorés, ainsi que des poudingues.

Au voisinage de la traversée du ravin du Fialhomme, par la route Graissessac-La Tour, ces poudingues du Permien inférieur, à galets de quartz dans un ciment plus ou moins coloré, reposent sur des schistes. On retrouve un niveau de poudingues dans le ruisseau de Rigassels, à l'entrée de la mine Verrières, mais cette fois au contact du Houiller. Vers Sénégra et Fontenilles, le Permien débute par des grès et le passage du Carbonifère au Permien est difficile à déterminer avec précision ; les conglomérats se placent apparemment à une certaine distance de cette limite. D'autres niveaux de conglomérats s'observent d'ailleurs, interstratifiés dans les schistes et les grès.

Le *Permien supérieur* possède le faciès de la « ruffe » : alternance de grès et marnes rouges avec bancs de conglomérats à ciment rubéfié.

LES FORMATIONS SECONDAIRES.

Les terrains secondaires ne recouvrent nulle part le bassin de Graissessac proprement dit, si l'on excepte peut-être une petite étendue du lambeau de Boussagues qui ne présente que très peu d'intérêt. Aussi ne croyons nous pas utile de décrire les diverses séries triasiques et jurassiques que l'on rencontre vers Boussagues et sur la rive gauche de l'Orb. Remarquons seulement que le Trias y débute par des conglomérats arkosiques à galets de quartz, d'aspect identique à ceux du Gard et qui reposent en complète discordance sur la « ruffe » en face du Bousquet.

AGE DU BASSIN DE GRAISSESSAC

Les listes d'espèces reproduites plus haut (voir p. 68), les échantillons que nous avons nous-mêmes recueillis, permettent-ils de préciser l'âge des formations houillères du bassin de Graissessac ?

Si l'on s'en réfère aux échelle stratigraphiques et floristiques établies dans d'autres bassins depuis longtemps connus il est admis que le Stéphanien inférieur est caractérisé par l'abondance de deux fossiles : *Pecopteris lamurensis* Heer qui, dans le Gard, se trouve dans les zones floristiques 1, 2, 3, de P. Bertrand, et *Mixoneura flexuosa* G. E. qui, dans ce même bassin, ne persiste par au-delà de la zone 2.

Nous n'avons jamais trouvé ni l'une ni l'autre de ces deux espèces dans la partie orientale du gisement de Graissessac, à l'E du ruisseau des Salles. Mais il existe au voisinage de St-Geniès au moins un gisement, non loin du socle, parmi les bancs de conglomérats, dans lequel *Mixoneura flexuosa* G. E. est abondant. On peut supposer que l'échantillon de *Pecopteris lamurensis* Heer déterminé par P. Bertrand dans les collections de Montpellier pouvait provenir d'une région voisine. Quoi qu'il en soit, la présence seule de ce *Mixoneura* à St-Geniès permet de préjuger l'existence d'un Stéphanien ancien dans la partie occidentale du bassin de Graissessac.

A Plaisance, dans le ruisseau de Bédas, on recueille déjà *Cordaites lingulatus* G. E., fossile du Stéphanien moyen qui n'apparaît dans le Gard qu'avec la zone 4. A la rive droite, où il abonde, on le trouve associé avec d'autres espèces de la zone 4 du Gard, telles *Linopteris neuropteroides* Goepp., *Callipteridium pteridium* Schl., etc., cependant que reste assez rare l'*Alethopteris grandini* Br.

A la rive gauche, il ne semble pas que l'on rencontre encore dans le faisceau B *Linopteris*, *Callipteridium*, *Pecopteris dentata* Br. Par contre, *Alethopteris grandini* Br. est assez abondant au voisinage des niveaux de schistes à poissons sur la Montagne de la Padène. Ces niveaux de schistes à poissons offrent d'autre part une similitude frappante avec ceux que l'on connaît au mur de la veine Grand Baume, dans le bassin du Gard, qui marque le début de la zone 6 cette similitude, sans constituer une preuve absolue, n'en est pas moins un fait qui ne doit pas être négligé.

Nous verrons dans ce qui suit (p. 83) que le faisceau C' représente les couches supérieures de l'Orb, plus jeunes par conséquent que les niveaux de schistes à poissons ; la flore ne permet malheureusement pas, en l'état actuel des choses et vu le nombre insuffisant d'échantillons, de classer avec certitude ces formations dans le Stéphanien supérieur.

En résumé :

— le Stéphanien inférieur me semble représenté par une partie au moins des formations grossières de la moitié occidentale du bassin ;

— le faisceau A de la rive droite serait équivalent à la zone 4 du Gard, le faisceau B à la zone 5, tandis que les faisceaux C et C' seraient contemporains des zones 6 ou supérieures.

Mais ces résultats stratigraphiques restent précaires et ne sauraient à eux seuls permettre de définir l'architecture du bassin de Graissessac ; nous les compléterons par l'étude des niveaux repères et de la tectonique.

DESCRIPTION DETAILLEE DES DIFFERENTES REGIONS DU BASSIN : COUPES GEOLOGIQUES

En raison de l'absence d'une couverture secondaire, il n'est pas possible, à Graissessac, de faire avec précision le départ entre la tectonique antétriasique (responsable au moins de la discordance observée sur la rive gauche de l'Orb entre Permien et Trias) et la tectonique tertiaire. Les plis du bassin de Graissessac sont d'autre part simples ; un grand synclinal W-E compliqué d'un pli secondaire déversé vers le Sud à l'W de Graissessac, de quelques ondulations peu importantes ailleurs. Les mouvements tertiaires n'ont pu qu'accentuer plus ou moins ces déformations, et créer un certain nombre d'accidents que nous examinerons plus loin.

Par contre, l'étude du bassin de Graissessac doit nous permettre de préciser les lois de la transgression des niveaux houillers, ainsi que les relations de ces niveaux avec les terrains permien.

Modifiant quelque peu le plan suivi lors de la description stratigraphique des diverses régions, nous examinerons en premier lieu la moitié orientale du bassin, mieux connue, et seulement ensuite la partie occidentale.

Région « rive droite »

La région « rive droite » est formée d'un Houiller de zone A surmonté, sur les hauteurs voisines du puits des Nières, de terrains appartenant à la zone B.

La **COUPE 34** par le méridien 1.000, montre le faisceau des couches Grand'Pas à Brochin rive droite normalement développé, occupant 200 m en verticale. Il est affecté par un pli dyssymétrique accusé.

COUPE 33.

C'est ici l'extrémité occidentale de district « rive droite » ; le faisceau Grand Pas Dame atteint sa puissance maximum. Mais, en s'éloignant vers l'W, les couches disparaîtront l'une après l'autre par érosion. La veine Grand Pas, qui subsiste la dernière présente un début de schistification.

COUPES 35 et 36.

Vers l'E au contraire, nous voyons l'épaisseur du faisceau « rive droite » diminuer fortement. Le pli qui affectait ce dernier s'est progressivement amorti. Enfin, les niveaux de zone B couronnent les sommets ; ils renferment un certain nombre de veines trop mal connues pour figurer sur les coupes, mais dont les affleurements sont visibles dans le talus de la route du Layrac et vers le puits des Nières.

La région rive droite débute à l'W en un synclinal régulier, se complique ensuite d'un pli secondaire déversé accusé. Ce pli semble s'atténuer en approchant de Graissessac. On observe un approfondissement régulier d'W en E, permettant à des formations superposées au faisceau A de venir affleurer à l'E des Nières, dessinant sur la carte un triangle qui s'élargit vers l'E.

Ainsi qu'il a été dit (p. 71), les intervalles entre les couches diminuent d'W en E.

Les différentes coupes mettent enfin en évidence, une fois de plus, la présence déjà signalée plus haut (p. 63) de failles limites S, ainsi que l'irrégularité du flanc S du synclinal, avant lequel s'arrêtent les travaux d'exploitation.

Liaison des quartiers « rive droite » et « rive gauche »

Il fut admis longtemps que les faisceaux A et B étaient équivalents de chaque côté de l'accident de Vendredi ; l'ensemble Dame-Grand Pas correspondait aux trois veines Giral, Poupon, Loubat, Brochin et Burelle (rive droite) à Brochin et Burelle (rive gauche) ; la similitude d'aspect des deux Brochin : grosses formations schisto-charbonneuses avec « rognons de fer » au toit semblait justifier apparemment cette hypothèse). On voyait, enfin, dans les horizons charbonneux au toit du faisceau

A de la « rive droite » l'homologue des couches St-Etienne et Pilate de la « rive gauche ».

Cette opinion, à première vue la plus simple et la plus logique, se heurte, dans une étude plus minutieuse, à de nombreuses objections :

— On ne connaît à la « rive droite », au-dessous de la couche Grand Pas, que des grès et des niveaux schisteux peu épais, avec deux filets charbonneux, au contact du socle. Or, en descendant du col de la Pauze à Graissessac, nous traversons :

des schistes comparables à ceux que l'on observe, sur la route du col de Layrac et dans le ruisseau des Salles, à la base du terrain houiller,
une épaisse formation de grès,
une série schisto-charbonneuse de 15 à 20 m,
une succession de grès et de schistes renfermant au moins deux veines, dont la dernière mesurant plus de 2 m, affleure dans une vigne. Entre celle-ci et la couche Giral, bien connue, on note encore une cinquantaine de mètres de grès et de schistes avec trois bancs charbonneux.

Tout ceci se place bien au mur de la veine Giral car, sauf en un seul point et sur quelques mètres seulement, le pendage des bancs est constamment à l'E.

A Vigne Cave, une couche dénommée Sabatier se trouve exploitée au même niveau que la veine Giral, dont elle est séparée par une faille qui effondre la seconde par rapport à la première. Ici encore, il existe donc des bancs de houille sous Giral.

Enfin, une veine puissante, la « grande couche du puits Ste-Barbe » se trouverait, selon les documents des Houillères, au fond de l'ancien puits Ste-Barbe, à 80-100 m sous Giral.

Bref, les formations au mur de Grand-Pas à la rive droite et de Giral à la rive gauche *ne sont aucunement équivalentes*.

— Alors que le faisceau Grand Pas-Dame diminue constamment d'épaisseur vers l'E, le faisceau Giral-Loubat atteint au contraire sa puissance maximum sous la ville de Graissessac.

— La veine Pilate (rive gauche) est surmontée, à 80 m environ, d'un important niveau de schistes à poissons. Or, on ne voit aucun de ces niveaux à la « rive droite » au-dessus des veines assimilées, dans la première hypothèse, à St-Etienne et Pilate.

— Les terrains placés au-dessus du faisceau A à la « rive droite » ne sont pas comparables à ceux qui surmontent la veine Brochin à la « rive gauche ». La route du col de Layrac montre à partir du puits Riben, en se dirigeant vers l'W, un assez grand nombre d'affleurements dont une couche épaisse et surmontée de « rognons de fer » au voisinage de ce puits et, plus loin, un ensemble de veines formant un faisceau. A la « rive gauche » on ne connaît, surmontant Brochin, que deux veines isolées, St-Etienne et Pilate.

— Deux repères existent de part et d'autre de l'accident de Vendredi :

1°) Un repère lithologique : la couche Brochin (rive droite) est surmontée partout d'un conglomérat à petits graviers de quartz arrondis et à ciments siliceux peu cohérent, qui se délite fréquemment en sable. Nous l'avons dénommé « le conglomérat sableux de Brochin ».

Ce conglomérat s'observe à la « rive gauche » un peu au-dessus de la couche de 2 m que nous avons signalée plus haut près du chemin du col de la Pauze, affleurant dans une vigne, et se prolonge dans le hameau de l'Ayrolle.

2°) Un repère paléontologique et lithologique constitué par le niveau gréseux tapissé de *Linopteris neuropteroides* Goepp, au mur de la couche Grand Pas à la « rive droite ». Ce niveau se voit au mur de la série schisto-charbonneuse de 15-20 m placée, dans le chemin du col de la Pauze, au-dessus des grès massifs que seuls des bancs schisteux, peu épais, séparent eux-mêmes du socle.

Ces repères militent, eux aussi, contre l'hypothèse d'une assimilation directe des faisceaux A et B.

Ils nous conduisent, conjointement avec tout ce qui a été dit précédemment, à raccorder ainsi les niveaux houillers de la « rive droite » et de la « rive gauche » :

Rive droite	Rive gauche		
	chemin du col de la Pauze et Montagne de la Padène	Vigne Cave et Vallée de l'Espace	Puits de la Padène
Niveaux schisteux avec un peu de houille de la route du Layrac et du ruisseau des Salles	Niveaux schisteux au contact du socle au col de la Pauze	Niveaux schisteux avec un peu de houille au contact du socle dans la vallée de l'Espace	Schistes avec 2 bancs de Houille de + 149 à + 158 à la base du Houiller
grès massifs	grès	grès	grès de + 158 à + 210
dalles à Linopter.	dalles à Linopt.		
faisceau Grand Pas Dame passant de 80 m à 20 m d'W en E	série schisto-charbonneuse de 15 à 25 m	couche Sabatier	
Schistes et grès avec Brochin et Burelle (rive droite)	Schistes et grès avec au moins 2 couches dont une de 2 m de houille	Terrain supprimés en affleurement par faille	Entre 210 et 240 schistes et grès avec 3 bancs charbonneux
congl. sableux de Brochin	congl. sableux		
schistes et grès avec passées charbonneuses	schistes et grès avec passées charbonneuses		
faisceau de veines affleurant sur la route du col de Layrac	Faisceau Giral-Loubat	faisceau Giral-Loubat	faisceau Giral-Loubat (Giral à 247)
Niveaux supérieurs de la région rive droite avec plusieurs couches	couches sup. de la rive gauche	couches sup. de la rive gauche	couches sup. de la rive gauche (Burelle à 270, Brochin à 291, St-Etienne et Pilate n'existent pas dans le puits

On voit ainsi que le faisceau A forme la partie inférieure des terrains de la région « rive gauche » et vient se placer sous le faisceau B exploité dans cette dernière région. Les couches qu'il renferme subsistent de plus en plus réduites ; elles paraissent encore relativement puissantes au voisinage de l'accident de Vendredi, vers le hameau de l'Ayrolle, au fond du puits Ste-Barbe. Il en reste au puits de la Padène cinq bancs schisto-charbonneux appelés « misères ».

Nous signalerons ici que deux petits travers bancs partis au mur de la veine Giral dans la région de l'Ayrolle ont recoupé deux veines schisteuses d'aspect médiocre et que l'on appela également « misères » ; celles-ci représentent très probablement les deux ou trois passées que nous avons noté en surface entre les affleurements de la couche de 2 m visible dans une vigne près du chemin du col de la Pauze (voir p. 71) ; cette couche serait, à notre avis, Brochin (rive droite).

Nous savons que les régions « rive droite » et « rive gauche » sont séparées par une importante faille, la *faille de Vendredi*, qui se présente comme un effondrement vers l'E. Son rejet serait de 200 m ; ce chiffre, auquel nous conduit le raccordement que nous venons d'établir, est bien en accord avec l'importance du décrochement de la limite N.

Région « Rive gauche »

Sur la carte de la Pl. 2, entre l'accident de Vendredi et le ruisseau d'Espace, on note :

- des niveaux de zone A, affleurant contre les bordures,
- la série B occupant la majeure partie du centre du bassin,
- à l'E, les faisceaux C et C' couronnant, au-dessus des bancs de schistes à poissons, les hauteurs du puits Sans et de la Chapelle St-Sauveur.

Sur la **COUPE 40** par méridien 1.500, se trouve figurée la structure du district « rive gauche ». L'ensemble des veines Giral à St-Etienne occupe environ 200 m en verticale (la couche Pilate ne paraît pas sur la coupe). Dans les terrains sous-jacents, prolongement du faisceau « rive droite », on ne connaît plus que les « misères », au fond du puits de la Padène.

COUPE 39.

Nous constatons que, vers l'W, l'épaisseur du faisceau Giral-Loubat augmente, cependant que les couches les plus hautes sont détruites par érosion.

COUPE 38.

Sur la coupe 38 se distinguent encore quelques lambeaux des couches Giral et Poupon. Au mur de celles-ci se placent les affleurements du chemin du col de la Pauze, que j'ai attribué au faisceau Grand Pas-Dame, et à Brochin rive droite (voir plus haut).

COUPE 37.

Ici se voient deux couches appartenant au « panneau de Vendredi », exploitée au SW de Graissessac, qui fait partie du district « rive gauche », mais où les couches portent des noms différents. Nous examinerons plus loin (p. 79) la correspondance entre ce panneau de Vendredi et le quartier « rive gauche » proprement dit.

COUPE 41.

Les niveaux de schistes à écailles de poisson font leur apparition au-dessus de la veine Pilate, la plus élevée du faisceau « rive gauche ».

COUPE 42.

Au S de l'accident dit de « Vigne Cave », mais sur le flanc N du synclinal, se voient les derniers travaux de la « rive gauche » qui débordent ici quelque peu vers l'E la vallée de l'Espace. Au N de cet accident, on exploite principalement la couche Sabatier placée, par le jeu de la faille, presque au même niveau que Giral, mais qui n'est autre, à notre avis qu'une veine du faisceau A (voir p. 76). Au-dessus de la couche Sabatier, on en connaît une autre nommée Goutine, qui représente, soit une veine du faisceau A, soit une veine inférieure du faisceau B.

Sur la montagne de la chapelle St-Laurent se placent les schistes à poissons au-dessus desquels est figuré sur les coupes l'horizon de la couche Verrières, elle-même située à 80 m au-dessus du principal banc de schiste à poisson. La pré-

sence de cette couche paraît confirmée par les faits suivants, malgré qu'elle n'ait encore fait l'objet d'aucun travail à l'W de l'Espace :

— La couche Verrières, là où elle est exploitée, présente la caractéristique d'un toit très sulfureux et schisteux, cause de nombreux feux, que l'on n'observe guère ailleurs. Or, durant notre séjour à Graissessac, nous avons constaté l'inflammation spontanée d'un affleurement, qui s'était même communiquée à une baraque en planches. Cet affleurement se trouvait situé sur les pentes de la montagne de la chapelle St-Laurent, à l'emplacement présumé de la couche Verrières.

Le puits Sans, est un vieil ouvrage de reconnaissance, peu profond ; il a recoupé un certain nombre de passages charbonneux qu'il est difficile d'assimiler actuellement aux veines connues à la « rive gauche ».

Le Panneau de Vendredi.

Comment raccorder le panneau de Vendredi à l'ensemble Giral-Pilate ?

Entre le puits Kunholtz et l'affleurement de Bascoul existent deux autres veines inexploitées, dites « couches de la Fontaine de santé ». Comme leur dressant est à l'E de celui de Bascoul, elles se trouvent placées stratigraphiquement au-dessus de cette dernière veine.

Ces couches de la Fontaine de santé paraissent d'autre part situées au niveau de St-Etienne. L'horizon de Bascoul serait alors voisin de celui de Brochin rive gauche. Thomas, Ubertino, Inconnue de Vendredi, Brochin et Burelle de Vendredi représenteraient la moitié inférieure (Giral à Burelle rive gauche) de la série de la Padène, sans qu'il soit possible, pour le moment de faire une assimilation plus précise.

Ceci, au demeurant, sous réserve qu'il n'existe aucune faille de quelque importance entre le puits Kunholtz et l'affleurement des couches de la Fontaine de santé. Cependant ces formations, si elles se plaçaient à un niveau sensiblement supérieur à celui de St-Etienne, devraient renfermer des schistes à poissons dont nous n'avons pas observé la présence.

La région « rive gauche » est une épaisseur de 400 m au plus de terrain houiller où l'on distingue : (de bas en haut).

un faisceau A, correspondant aux formations bien connues à la « rive droite » ; il est ici appauvri et n'affleure plus qu'au voisinage des bordures ; le long de l'accident de Vendredi, au N de Graissessac ; au N de la faille de Vigne Cave ; dans la région du Bouis ainsi qu'au S du puits de la Padène. On doit lui rapporter les affleurements du chemin du col de la Pauze, la « grande couche du puits Ste-Barbe », les « misères » recoupées par le puits de la Padène et quelques travers bancs, la couche Sabatier exploitée à Vigne Cave.

— Un faisceau B, renfermant les veines Giral à Pilate, largement exploité sur le flanc N du synclinal de Graissessac, qui représente, développé et étendu, l'horizon supérieur du puits des Nières.

Un faisceau C que nous faisons débiter au principal des niveaux de schistes à poissons couronnant la montagne de la Padène.

— Enfin, un faisceau C' comprenant les niveaux houillers supérieurs à la couche Verrières, dont un lambeau forme le sommet des hauteurs du puits Sans et de la chapelle St-Sauveur.

L'ensemble se présente en synclinal assez régulier ; seul le panneau de Vendredi, au S de Graissessac, montre des plis déversés ; ailleurs, on note çà et là quelques ondulations et quelques plis couchés d'envergure très restreinte.

Ce sont surtout les « serrées » et les petites failles qui causent une gêne pour l'exploitation. Deux accidents importants sont bien connus par les travaux à l'intérieur des limites ; la faille du puits Ste-Barbe

et la faille de Vigne Cave, orientées ESE-WNW, dont le regard est au S le rejet de 50 à 100 m. Un autre accident de même type existe au S de Camplong, non loin de la bordure méridionale, traversant la vallée de l'Espace.

Passage de la région « rive gauche » à la zone de Verrières

Lorsqu'on examine attentivement les plans de mine, d'une part, les terrains houillers de la vallée de l'Espace, d'autre part, on ne constate aucun décrochement important révélant le passage d'une grande faille transversale comparable à l'accident de Vendredi. Les horizons de schistes à poissons traversent de même la vallée de l'Espace et pénètrent dans la zone de Verrières sans présenter de dénivellation considérable. Il existe donc, dans l'ensemble, une continuité entre les gisements de la rive gauche » et de Verrières.

Pourquoi les travaux miniers n'ont-ils pas établi la correspondance entre ces deux régions ? Deux faits l'expliquent :

1°) Si la couche Verrières fut déhouillée sur une étendue relativement large et, par suite, assez bien reconnue (au moins jusqu'à une certaine distance des affleurements), les autres veines sous-jacentes furent l'objet d'exploitations plus fragmentaires, faites soit à partir de galeries à flanc de coteau, soit par des travers bancs aboutissant à la zone de l'Orb ; or, seules ces dernières correspondant aux couches exploitées à la « rive gauche ».

2°) En l'absence d'une faille très importante, il n'en existe pas moins, le long de la vallée de l'Espace, au NE de Camplong, sur la route de Graissessac à La Tour, une série de petits accidents paraissant dirigés SSW-NNE, dont le rejet est de l'ordre du mètre, effondrant les terrains vers l'W, qui, par leur répétition, peuvent être difficilement franchissables par les travaux.

Ce sont les niveaux de schistes à poissons qui constituent le meilleur repère pour établir une liaison entre les régions « rive gauche » et Verrières :

a) Extension verticale.

On observe en fait, non pas un niveau unique, mais un horizon de schistes à poissons, renfermant plusieurs bancs de ces schistes.

Il paraît exister un banc principal, de 3 ou 4 m de puissance, surmontant un niveau charbonneux et schisteux plus grossier de quelques mètres d'épaisseur. C'est là que nous avons placé par définition la limite des faisceaux B et C. On observe ce banc sur toute la montagne de la Padène, en plusieurs points au N (c'est-à-dire, stratigraphiquement, en-dessous) des affleurements de la couche Verrières, le long de l'Espace, entre Camplong et la route de Graissessac à La Tour. Nous l'avons également observé au fond, dans un montage au mur de Verrières.

A une vingtaine de mètres sous le précédent, un autre banc de schistes à poissons est visible sur la montagne de la Padène, ainsi qu'entre les ruisseaux de l'Espace et du Rigassels. Il n'est pas accompagné de houille.

Sur le flanc S de la hauteur de la Chapelle St-Sauveur, les schistes à poissons se montrent à plusieurs reprises : malgré la végétation extrêmement dense, gênant les observations, il semble bien que l'on trouve là :

les deux niveaux précédents,

les mêmes rejetés par la faille de direction ESE-WNW, et peut-être encore par d'autres accidents non reconnus,

un banc de 2 m d'épaisseur environ qui pourrait être *au-dessus* de la couche Verrières et se retrouverait, sans fossile cette fois, sur la rive gauche de l'Espace dans les hauteurs qui dominent au N la route de Graissessac à La Tour,

A l'E de Camplong, lorsqu'on monte du cimetière jusqu'aux affleurements de la couche Verrières, on voit un certain nombre de bancs de schistes à poissons, dont le premier paraît se trouver non loin du cimetière, le plus élevé à plusieurs dizaines de mètres (les mesures sont imprécises en raison de la nature accidentée et couverte du terrain) au-dessous de Verrières.

Enfin, nous avons trouvé des écailles de même type entre le puits Kuhnholz et le carreau de la mine de Graissessac ; mais ici les couches sont mal connues : on supposait être au niveau de la veine St-Etienne ; il est probable qu'il s'agit d'une formation plus élevée car, nulle part dans la montagne de la Padène, nous n'avons vu des schistes à poissons au-dessous de la couche Pilate.

En résumé : l'horizon des schistes à poissons s'étend sur une centaine de mètres entre les veines Pilate et Verrières, dépassant peut-être légèrement celle-ci : il montre un banc plus épais, lié à une formation charbonneuse de plusieurs mètres, qui se place à 80 m au-dessous de la couche Verrières et, nous le verrons plus loin, paraît subsister seul lorsqu'on s'éloigne vers l'E, en direction du ruisseau d'Alzou.

C'est quelque chose de très analogue que l'on observe dans le bassin du Gard au voisinage de la couche Grand Baume ; l'horizon des schistes fins bitumineux s'étend verticalement sur plusieurs dizaines de mètres, au puits de l'Auzonnet par exemple, près duquel il affleure largement.

b) Extension horizontale.

Les formations en question se suivent avec une régularité et sur des longueurs suffisantes (de Graissessac au ruisseau d'Alzou) pour qu'on puisse affirmer qu'il ne s'agit ni de dépôts lenticulaires et restreints, ni (dans les limites du bassin) d'un passage latéral de faciès à une couche de houille.

Les schistes à poissons diminuent de puissance et s'appauvrissent de l'W à l'E. Sur la Montagne de la Padène, dans la vallée de l'Espaze, les bancs sont relativement épais, multiples, et renferment de nombreuses écailles. Dans le ruisseau d'Alzou, seul paraît subsister le plus important de ces bancs. Dans la zone de l'Orb, on n'observe plus, entre les veines 1 et 2, que quelques mètres de schistes fins bitumineux sans fossile.

Les niveaux de schistes à poissons possèdent une extension verticale suffisamment limitée, en même temps qu'une étendue assez vaste pour constituer un bon repère. Il ne serait pas impossible que leur étude plus poussée permette un jour d'effectuer des liaisons de bassin à bassin.

Les veines connues à la « rive droite » (Dame à Brochin rive droite = « misères » de la rive gauche), ainsi qu'à la « rive gauche » (Giral à Pilate) représentent donc les couches « Percement Paul » à Zélia de la zone de Verrières ; les bancs du « Percement Paul » s'apparentant peut-être au faisceau A. Il est difficile actuellement de préciser davantage ; ce travail sortirait d'ailleurs du cadre de cette étude de tectonique d'ensemble.

Région de Verrières

La région de Verrières se présente comme un synclinal dont le flanc S, incomplet, est coupé par la faille-limite. Le centre est occupé par les faisceaux C et C', surmontés, au sommet des collines, par des niveaux permians ; le bord, par les terrains de zone A-B.

Les **COUPES 43 ET 44** précisent la structure. La couche Verrières est la mieux connue, et fit même l'objet de quelques recherches anciennes sur le flanc S. Le faisceau B et ce qui peut subsister du faisceau A

(la distinction devient ici difficile) sont représentés par plusieurs couches en partie exploitées couches Félicie, Zélia, n° 1, n° 2 « du Percement Paul ».

Au-dessus de la veine Verrières, aucun travail ne fut entrepris : mais, dans le talus de la route allant de Graissessac à l'Aire Raymond, plusieurs affleurements de houille sont visibles qui correspondent aux couches supérieures du faisceau de l'Orb.

COUPE 45.

Nous apercevons ici, au N du parallèle 0, le début du gisement de l'Orb, et, au S de cette ligne, les derniers affleurements et les derniers travaux de Verrières, au voisinage d'une galerie faite dans le ravin d'Alzou et dite « mine Verrières ». Nous verrons un peu plus loin que la couche Verrières se prolonge par la couche 3 de l'Orb.

La région de Verrières prolonge la « rive gauche » sans qu'il existe d'accident important entre elle et cette dernière. De bas en haut on relève :

— les terrains inférieurs au niveau des schistes à poissons, où l'on connaît les veines « Percement Paul » à Zélia, qui sont l'équivalent des faisceaux A et B. Ces terrains affleurent le long de la bordure N.

— Le faisceau C, allant des schistes à poissons (niveau principal) à la couche Verrières, largement développé.

— Le faisceau C', formé des niveaux supérieurs à la couche Verrières, qui prend peu à peu de l'extension à mesure que l'on s'avance vers l'E ; il renferme des veines de houille non exploitées qui représenteraient les couches supérieures de l'Orb.

— Le Permien inférieur qui apparaît sur les hauteurs de la rive gauche de l'Espace.

— Le Permien supérieur à l'E des failles de l'Orb.

L'ensemble dessine un synclinal régulier, à peine compliqué de quelques plis locaux. De grands accidents SSW-NNE à rejet E viennent, à partir de l'Aire Raymond, couper le flanc S de ce synclinal qui, plus à l'W, se trouvait déjà en partie entamé par la faille limite suivie depuis Graissessac. Cette dernière paraît recoupée par celles-là. Par leur combinaison affleure à l'E de l'Aire Raymond un petit lambeau de Houiller, fort disloqué, partiellement recouvert de Permien inférieur et sans intérêt pratique, le *lambeau de Boussagues* ; il disparaît rapidement au S et à l'E, sous les grès rouges et le Secondaire, grâce à d'autres accidents dont la faille du Mas blanc.

Passage de la région de Verrières à la zone de l'Orb

La zone de Verrières est exploitée par la mine du Bousquet, à laquelle des travers bancs la réunissent. C'est dire que plusieurs tentatives furent faites pour passer en couche du quartier de l'Orb à celui de Verrières. Le mineur se heurtait à de multiples accidents au travers desquels il perdait la couche.

Si, d'autre part, on suit sur le terrain une ligne telle que la base du Permien, il faut effectuer un crochet vers le N le long du ravin d'Alzou ; nous verrons un peu plus loin qu'il en sera de même lorsque

nous longerons les affleurements de la couche Verrières. Ceci indique la présence d'une flexure hachée d'accidents multiples que nous appelons *pli ou faille d'Alzou*.

Voici comment il est possible de raccorder les régions de Verrières et de l'Orb :

Nous savons que les schistes à poissons se placent à 80 m environ au-dessous de la couche Verrières, cet intervalle tendant à se réduire vers l'E. Or, ces schistes à poissons coupent le ruisseau de Rigassels un peu au N de l'entrée d'une galerie dite « mine Verrières ». Sur la rive gauche du ruisseau, ils pénètrent dans des bois ou des pentes couvertes d'éboulis dans lesquelles on ne peut plus les suivre. Mais à une soixantaine de mètres au-dessus de ce passage des schistes dans le cours d'eau et à l'E de ce point, affleure une veine de houille sur laquelle furent effectuées jadis quelques recherches ; les anciens plans la notent comme « Verrières », et sa position par rapport aux schistes à poissons confirme qu'il s'agit bien de cette couche. Elle est surmontée d'un autre banc de houille distant de quelques mètres. Par chance, ces deux veines longent un ancien plan incliné aboutissant à l'ancien carreau d'Alzou, et restent constamment visibles dans le talus de ce plan, jusqu'à une centaine de mètres du carreau. Là, elles sont masquées par des scories et par un vieux terril ; dans ce terril, le feu couve en permanence, mais les fumées et les gaz sortent de plus par les fissures de la roche en place. Il est probable que la couche Verrières est en partie au moins responsable du feu.

Au delà du carreau d'Alzou, la route du Sénégal à Alzou, puis quelques éboulis masquent le terrain sur une longueur de 150 m environ. Mais si l'on continue dans la direction des affleurements suivis dans l'ancien plan incliné, on aboutit aux veines 3 et 4 de l'Orb, séparées par quelques mètres à peine de schistes.

D'autre part, le chemin partant du Sénégal et qui surplombe au NE celui du Sénégal à Alzou recoupe toute la série des affleurements du faisceau de l'Orb. Entre les veines 1 et 2, soit ici, à 50 m au-dessous de la veine 3, se placent 4 à 5 m de schistes bitumineux présentant le faciès des schistes à poissons mais dans lesquels nous n'avons plus trouvé d'écailles. Compte tenu de la réduction des formations de schistes à poissons, d'W en E, nous croyons que celles-ci passent bien entre les veines 1 et 2 de l'Orb. Il n'existe en effet aucun autre faciès comparable dans le reste du faisceau de l'Orb.

Nous pensons donc que la couche Verrières se prolonge par la couche 3 de l'Orb. Les veines 4, 5, 6 représentent les bancs de houille que l'on apercevait (voir p. 72) au-dessus de la couche Verrières sur les hauteurs de la rive gauche de l'Espace. Quant aux faisceaux A et B, placés sous les schistes à poissons, ils se montrent ici de plus en plus réduits ; on ne peut guère leur attribuer que la couche 0 et quelques bancs schisto-charbonneux inexploités, visibles entre cette veine et la limite N dans le ravin d'Alzou.

Région de l'Orb

La région de l'Orb forme sur la carte un triangle limité par le ruisseau de Rigassels, la bordure septentrionale du bassin et les failles de l'Orb. On y voit affleurer, d'W en E, la zone B (avec peut-être, à la base, quelque témoin de la zone A) les faisceaux C et C', enfin le Permien inférieur.

La **COUPE 46** montre l'allure du faisceau de l'Orb, régulièrement incliné vers le SE. Le flanc S du synclinal que nous avons observé un peu partout est ici effondré par les failles de l'Orb. On notera la diminution considérable de puissance de l'étage carbonifère tout entier. Sur

d'autres coupes plus rapprochées encore de la vallée de l'Orb, que le manque de place ne m'a pas permis de reproduire, le phénomène s'accroît.

La région de l'Orb, séparée de celle de Verrières par le pli ou accident d'Alzou montre :

— entre le socle et les schistes bitumineux placés entre les veines 1 et 2, 200 à 300 m de terrain houiller ne renfermant que deux couches exploitables et représentant tout ce qui reste des faisceaux A et B, puissants et riches à Graissessac.

— Puis les faisceaux C et C' avec quatre veines déhouillées, dont celle qui porte le n° 3 serait le prolongement de la couche Verrières.

— Enfin les terrains permien.

Le pendage de l'ensemble est assez régulier ; les failles de l'Orb effondrent le flanc S du synclinal que nous avons vu se dessiner sur toutes les coupes précédentes ; seul est connu le flanc N du synclinal primitif.

Vers le N, un pli ou une faille inverse paraît rejeter en profondeur le faisceau des couches de l'Orb, qui prend alors le nom de faisceau du Marronnier.

Les failles de l'Orb

Il convient d'examiner rapidement les grands accidents qui, de l'Aire Raymond au Bousquet, effondrent les terrains vers l'E et font largement affleurer les grès rouges dans la vallée de l'Orb.

Il paraît exister deux failles principales, distantes de 4 à 500 m environ, qui forment les limites orientales et occidentales du lambeau de Boussagues ; entre elles, une série d'accidents de même type mais d'importance moindre. Les travers bancs récemment creusés au Bousquet, et Frangouille, confirment cette opinion. C'est pourquoi nous avons indiqué sur la carte une *zone des failles de l'Orb*.

Leur direction, SSW-NNE à l'Aire Raymond, obliquerait légèrement vers l'E en se rapprochant du Bousquet et passerait à SW-NE. Parallèlement, leur rejet semble plus considérable au S qu'au N. Tandis que, vers le Bousquet, les sondages de St-Xist permettraient de leur attribuer un rejet de l'ordre de 200 m, on voit au N de Boussagues, affleurer successivement, par le jeu des failles de l'Orb, le socle, puis le Houiller recouvert de Permien inférieur, enfin le Permien supérieur. Un puits de recherches, creusé entre la route de Graissessac à La Tour et le chemin de fer, à l'E de l'Orb, fut abandonné à 120 m de profondeur dans les grès rouges.

Enfin les failles de l'Orb apparaissent comme des failles franches ; le pendage des bancs conserve à peu près la valeur qu'il possédait en dehors de la zone d'accidents.

A l'E de ces fractures, le gisement n'est connu que par deux sondages ; partis du Permien supérieur, ces ouvrages ont traversé le Permien moyen, puis le Houiller, recoupant un faisceau charbonneux resserré, qui paraît être le prolongement de celui de l'Orb.

Passage du Houiller au Permien inférieur et au Permien supérieur

Il existe entre Houiller et Permien une légère discontinuité lithologique. Les conglomérats, fort peu développés dans le Houiller de Verrières et de l'Orb (Fialhomme, ruisseau de Rigauzels), réapparaissent accompagnés de bancs de marne colorée. Les grès deviennent bitumineux et prennent une teinte jaunâtre par altération (encore qu'il soit difficile, au Sénégra, à Fontenilles, au-dessus de l'Espace, de distinguer les grès du Houiller de ceux du Permien).

Mais aucune discordance angulaire notable ne peut être trouvée dans l'aire du bassin, entre Carbonifère et Permien ; la limite entre ces deux étages est sur la carte, parallèle aux affleurements des couches de houille et aux niveaux remarquables du Stéphanien, tels que schistes à poissons (compte tenu évidemment, de la diminution de puissance des horizons houillers vers l'E). Nulle part les travaux d'exploitation ne se sont heurtés au Permien comme, dans le Gard, ils se heurtent au Trias. Quant aux conglomérats, ils sont interstratifiés au milieu des grès et des schistes et marnes colorés ; ils ne peuvent être regardés comme marquant le début d'une nouvelle sédimentation succédant à une phase orogénique.

C'est entre le puits Debay et Fontenilles qu'il est possible d'observer, sans être trop gêné par les failles, le passage entre les deux termes du Permien.

Partant du puits en question, et marchant vers la direction WNW, on franchit une première colline faite d'une alternance de conglomérats et de grès rouges. Puis les conglomérats se font plus rares, les grès rouges passent à des grès marneux plus fins, mieux lités, des bancs de marne multicolore apparaissent. On escalade une seconde hauteur constituée par un grès jaune rosé différent de la « ruffe ». La coupe se prolonge à l'W par une tranchée où dominent les grès blancs, coupés de quelques lits de marne blanche et violacée. Au delà, c'est le faciès classique du Permien inférieur, grès coupés de schistes à Walchia et de marne colorée, que l'on observe sur les pentes de la colline de Fontenilles.

La fig 88 de la planche 7 montre, le long d'un ancien plan incliné près de l'entrée de la mine Balayé, l'apparition au sommet du Permien inférieur, des bancs de marne rouge-violacée, mieux visibles que dans la tranchée placée à l'extrémité W de la coupe précédente.

Enfin les conglomérats du Permien supérieur sont interstratifiés dans la « ruffe » ; on les observe fort loin vers l'E ; dans les fondations du nouveau lavoir, par exemple, à plusieurs centaines de mètres à l'E du puits Debay. Ce sont des apports torrentiels liés à un régime particulier des eaux ; ils ne doivent pas être considérés comme en rapport avec une phase de plissement.

Travaux miniers.

Les sondages de St Xist, dont nous avons vu la coupe établie par les soins des ingénieurs de la S.N.P.L.M., ont recoupé des épaisseurs de Permien inférieur sensiblement normales, alors qu'une discordance poststéphanienne ou intrapermienne eût, probablement, entraîné des variations de puissance.

Les indications suivantes, relevées sur les plans de quelques travers bancs récemment creusés, partant du Permien supérieur pour aboutir dans le Houiller, sont également en faveur d'une concordance générale des différents niveaux carbonifères et permien.

Travers bancs du carreau Debay à 245

Débuté dans les grès rouges à 180 m au NNE du puits,

A 130 m de l'entrée pendage	32° ESE (composante suivant direction de la galerie)
A 240 m	30°
A 340 m	30°
-----à 530 m début probable du Permien inférieur (faille)	
A 560 m	32°
A 680 m	30°
A 800 m	34°
-----à 920 m début probable du Houiller (faille)	
A 950 m	30°
A 970 m	22°
A 998 m	28°
A 1010 m	33°

Nulle part, tant à la surface que dans les travaux miniers, on ne peut déceler, entre Houiller et grès rouge, de mouvement important. Le faisceau de l'Orb se resserre lui-même progressivement d'W en E et paraît jouer vis-à-vis du Permien inférieur le même rôle que les niveaux houillers inférieurs vis-à-vis des niveaux supérieurs.

C'est une transgression générale que l'on observe à partir d'une cuvette primitive, qui se poursuit au Permien sans incident notable ; cette transgression, entre St-Geniès et l'Orb, nous apparaît dirigée vers l'E.

LE BASSIN DE GRAISSESSAC A L'W DE LA « RIVE DROITE »

Nous savons que la partie occidentale du bassin de Graissessac est, à l'exception du gîte de Plaisance, moins riche et moins bien connue que la partie orientale. L'étude de celle-ci, que nous venons de faire, la mise en évidence de la disposition transgressive des sédiments de l'W vers l'E qui en résulte, nous laisse prévoir un développement des niveaux inférieurs en direction de l'W, après disparition par érosion des assises supérieures et moyennes du Houiller de Graissessac. C'est bien ce que nous allons observer.

Les affleurements de la couche Grand Pas sont connus par les travaux sur la rive gauche du ruisseau de Bédas, jusqu'à peu de distance de la limite S ; au-delà, on les suit assez facilement ; ils viennent buter, dans le lit même du ruisseau, contre la faille qui forme au S des Nières et des Salles le bord méridional du bassin (faille jalonnée, sur le petit chemin qui descend de ce dernier hameau, par un gros filon de quartz et barytine).

Les terrains qui, au N de ce point, occupent le ravin de Bédas représentent donc l'horizon au mur de Grand Pas ; ce sont des schistes et grès avec deux affleurements de houille visibles, au toit desquels on recueille *Cordaites lingulatus* G. E. Plus au N commencent à apparaître les premiers bancs de conglomérats qui prendront vers Peyremale et St-Geniès un développement considérable.

Sur l'autre rive du ruisseau de Bédas, le terrain houiller déborde la faille-limite S, dont l'amplitude du rejet paraît avoir sensiblement diminuée. Le long du ravin de Peyremale on observe un petit synclinal assez étroit, où les conglomérats abondent, renfermant un banc de schistes charbonneux.

Une nouvelle faille-limite se manifeste à 300 m environ au S du hameau de Peyremale et des Combals, au N de laquelle affleurent des grès et schistes avec filets de houille, bordés au N par des gros bancs de conglomérats et de brèche.

Puis les mêmes phénomènes se répètent ; le Houiller franchit cette nouvelle faille au S des Combals ; le chemin allant de Plaisance aux Combals traverse ainsi un petit coin de socle au milieu des niveaux stéphanien.

Un troisième accident de même nature se montre enfin entre Plaisance et St-Geniès, expliquant l'apparition, à mi-distance de ces deux localités, de brèches à très gros éléments : c'est au S de cette troisième faille que se développe le synclinal de Plaisance.

A l'E de Plaisance, vers Pabo, on connaît encore quelques affleurements ; puis les formations grossières envahissent toute l'extrémité orientale du bassin.

Les affleurements du ruisseau de Bédas sont vraisemblablement le prolongement des bancs schisto-charbonneux situés non loin du socle au ravin des Salles (voir p. 70) ; comme ceux-ci, ils se trouvent séparés de la couche Grand Pas par une épaisse série de grès blanc. Mais au lieu d'être au contact du socle, ils se placent à une certaine distance (100 m environ) de ce dernier, l'intervalle étant occupé par des conglomérats.

On peut supposer que les bancs et filets de houille de Mècle, des Combals, se rattachent aux couches du ruisseau de Bédas où sont le développement de formations encore plus anciennes. Quoiqu'il en soit, c'est vers St-Geniès que se trouvent, intercalés dans les conglomérats de la bordure N, les grès à *Mixoneura flexuosa* G. E. fossile du Stéphanien inférieur.

FORMATION DU BASSIN DE GRAISSESSAC

La sédimentation débute probablement au Stéphanien inférieur, dans une cuvette de dimensions assez réduites dont le témoin subsiste dans la partie occidentale du bassin actuel. Le caractère grossier des premiers dépôts, les altérations qu'ils présentent, laissent penser que l'on se trouvait en présence d'un régime mi-torrentiel, mi-lacustre avec exondations temporaires. Ceci expliquerait le peu d'épaisseur du Stéphanien inférieur.

Puis l'aire de dépôt s'élargit progressivement par transgression, atteint Graissessac, la vallée de l'Orb. Vers l'Ouest on ne sait plus rien au delà des Longagnes.

Cette transgression se poursuit au Permien, cependant que le climat évolue vers un type continental et désertique, avec alternance de sécheresse et de précipitations violentes. La nature et l'aspect des sédiments changent progressivement ; l'altération continentale contribue à la formation des grès rouges, au milieu desquels les conglomérats représentent des apports torrentiels.

Parallèlement, l'écorce se déforme de façon continue, entraînant une instabilité du niveau des eaux, une série de subsidences avec naissance de couches de houille. L'apparition des niveaux de schistes à poissons marque sans doute une extension maximum momentanée du lac houiller. Cette extension peut être générale sur une partie au moins du Massif Central si la cause qui la produit (oscillation verticale) n'est pas strictement locale. Les schistes à poissons constitueraient alors des repères chronologiques permettant de relier deux ou plusieurs bassins.

Inversement, la discontinuité observée entre les niveaux supérieurs du Stéphanien et le Permien aurait pour origine une émergence avec interruption temporaire de la sédimentation.

Durant la période des grès rouges, les déformations continuent probablement comme l'indique l'épaisseur considérable du Permien rouge : puis émergence et surrection avec érosion importante ; les premiers sédiments triasiques reposent en nette discordance sur le Permien.

A Graissessac comme dans le Gard, nous pouvons attribuer aux mouvements tertiaires un certain nombre de failles et, probablement, un remaniement plus ou moins poussé des anciens plis (peu visible ici, en raison de l'absence de couverture secondaire).

Les accidents qui affectent le terrain houiller peuvent être classés en plusieurs catégories :

a) Les failles qui jalonnent la limite S du bassin : dirigées E 10-20° S - W 10-20° N, de rejet important, elles pénètrent parfois à l'intérieur du terrain houiller, surtout dans la région occidentale, ramenant à l'affleurement les dépôts grossiers voisins du socle au N de Plaisance. Ces failles paraissent relativement anciennes, mais il n'est guère possible, puisqu'elles n'affectent pas les zones où le Secondaire affleure, d'affirmer ou de discuter leur âge tertiaire ou antétriasique.

b) La série des petits accidents de très faible rejet, orientés N-S ou NE-SW, qui sont peut-être responsables d'un certain nombre des « serrées » observées dans les couches. On ne sait pas grand chose de leur âge.

c) L'accident de vendredi, duquel il faut peut-être rapprocher d'autres failles ou flexures telles que l'accident d'Alzou remanié et décroché par les failles de la catégorie suivante.

d) Des accidents orientés E 15° S-N 15° N, effondrant les terrains vers le S, dont le type est la faille du puits Ste-Barbe et la faille de Vigne Cave (rejet de 50 à 100 m).

e) Les failles de l'Orb, série d'accidents dirigés SSW-NNE à l'Aire Raymond, obliquant vers le NE en approchant du Bousquet, effondrant le Houiller sous le Permien.

La faille du Mas Blanc qui paraît appartenir à la catégorie d, est tertiaire ou, tout au moins, a rejoué à cette époque, car elle met en contact Permien et Secondaire. Il semble bien en être de même des failles de l'Orb entre l'Aire Raymond et Boussagues.

Les accidents des trois premiers groupes seraient antérieurs à ceux-ci, mais il est difficile de fixer leur âge avec précision.

CONCLUSION

Les deux faits essentiels qui ressortent de cette étude du bassin de Graissesac sont :

l'existence d'une transgression des niveaux houillers dirigée de l'W vers l'E, l'apparition, dans cette direction, de nouveaux faisceaux, les plus anciens s'amenuisant progressivement.

la permanence de ce phénomène au Permien inférieur et supérieur, le passage en continuité du Houiller aux schistes à Walchia et aux grès rouges.

CHAPITRE IV

Bassin houiller et permien d'Autun et d'Epinac

AVANT PROPOS

En 1947, M. Pruvost a résumé, à l'occasion du centenaire de l'Association des Anciens Elèves de l'Ecole des Mines de Lièges, les résultats d'une étude faite par lui-même, quelques années auparavant, sur le Houiller d'Epinac et les schistes d'Autun. Il examine avec beaucoup d'attention la constitution de ces deux formations et leurs rapports. (57).

Nous nous bornerons donc à rappeler brièvement les grands traits de la structure du bassin d'Autun telle que la concevait Delafond (21), puis à indiquer les idées nouvelles apportées par M. Pruvost.

Nous avons limité nos recherches personnelles à l'examen du passage du Permien inférieur (Autunien) au Permien supérieur (Saxonien de Delafond); question laissée de côté par M. Pruvost mais qui devient importante lors d'une étude de tectonique englobant les bassins de Blanz y et de Graissessac où les grès rouges occupent de larges superficies.

GENERALITES

Le bassin houiller et permien d'Autun-Epinac affecte grossièrement la forme d'une ellipse dont le grand axe, long de 30 km, orienté E 20° N-W 20° S, passerait à 4 km au N d'Autun, le petit axe mesurant 11 km.

La région est faiblement vallonnée, couverte de bois et de pâturages, bien arrosée par les affluents de l'Arroux. Les voies de communication sont nombreuses et convergent vers le centre d'Autun. A l'exception d'Epinac, dont l'importance a sensiblement décliné avec la fermeture des puits de mine, les autres agglomérations ne sont guère que des villages et hameaux agricoles.

Quelques manufactures à Autun, des carrières et des scieries sont les seules ressources industrielles avec l'extraction des schistes bitumineux, depuis l'épuisement du gisement de houille d'Epinac.

Ces schistes furent exploités le long de la lisière N, de Sully à Igornay, ainsi qu'au N et NW d'Autun (Chambot, la Commaille, Millery). Les travaux actuels sont au voisinage de Télots.

STRATIGRAPHIE

Le socle

Les roches granitiques constituent de puissants massifs sur le pourtour du bassin ; ce sont :

- à l'W et au NW, les microgranites de Lucenay, Roussillon, La Selle.
- au N, les granulites de la région de Voulénay
- au NE, les granites qui affleurent aux Thillots, à Jours-en-Vaux, à l'E et au SE d'Epinac.
- Au SE, vers Gauzy, le Morlet, les gneiss granulitiques.
- Au S d'Autun, un énorme massif de granulite.

Entre ces roches et les terrains marqués comme houillers sur la carte géologique affleurent un certain nombre de niveaux attribués au Dinantien :

les « tufs orthophyriques », roche éruptive à base de rhyolite, trachyte et dacite qui, par endroits, auraient subi un métamorphisme granitique, et ailleurs renferment des lentilles calcaires ; on y connaît une flore du viséen.

les schistes à lydiennes, grès et poudingues attribués au Tournaisien, partiellement métamorphisés formant, à l'E d'Epinac, le soubassement des tufs orthophyriques.

Le houiller

Delafond distinguait :

— l'étage inférieur, d'une étendue limitée à la concession d'Epinac, renfermant des grès et schistes avec quelques couches de houille, quatre en principe (couches I, II, III, IV), qui viendraient se réunir aux affleurements. Quelques rares poudingues.

L'étage inférieur reposerait sur les tufs porphyriques du Dinantien

Parmi les espèces citées par Grand Eury (34) nous retiendrons : *Pecopteris dentata* Br., *P. oreopteridia* Schl., *P. polymorpha* Br., *Alethopteris grandini* Br., *Dictyopteris* (= *Linopteris*) *neuropteroides* Goepp., *Cordaites*, *Dicranophyllum gallicum*, G. E., etc.

Cette flore paraît indiquer, pour le faisceau productif d'Epinac, un âge contemporain des couches inférieures de St-Etienne.

— L'étage moyen ou du Mont-Pelé, représenté par une alternance de grès et de poudingues, avec rares assises schisteuses et filets charbonneux. Les poudingues seraient, au S, à gros éléments de nature granitique ; au N, les constituants deviendraient porphyriques et de volume plus réduit.

Cet étage moyen affleure sur la bordure N, à Epinac même, et à l'E de Sully ; sur la bordure méridionale, à l'E d'Autun. Il n'existerait pas au centre et à l'W du bassin.

Grand Eury (34) lui rapporte des échantillons de « *Pecopteris oreopteridia*, *P. arborescens*, *P. pluckeneti*, *P. cyathea*, *Callipteridium ovatum*, *Alethopteris grandini*, *Odontopteris reichi*, *O. brardi*, *Neuropteris cordata*, *Cordaites borassifolius*, *Dicranophyllum gallicum*, etc. »

Renault et Zeiller (63) relèvent la présence dans l'étage moyen de « *Alethopteris cordata* Br., *Pecopteris polymorpha* Br., *P. hemitelioides* Br., *P. arborescens* Schl., *Dicranophyllum gallicum* G.E., *Cordaites lingulatus* G.E., etc. »

Toutes espèces assez communes dans l'étage de St-Etienne.

— L'étage supérieur, formé de grès avec un peu de poudingues, de schistes et petites couches de houille, affleurant sur toute la bordure du bassin d'Autun, superposé à l'étage moyen à l'E, reposant directement sur le socle à l'W.

Grand Eury, recueillant, entre autres espèces, « *Alethopteris grandini*, *Pecopteris arborescens*, *P. candollei*, *Neuropteris planchardi* », et voyant dans la houille de nombreux débris de Calamites, considérait l'étage supérieur ou « du Grand Molloy » comme le sommet du Houiller.

Renault (63) signale dans étage du Grand Molloy : *Pecopteris pluckeneti* Schl., *P. cyathea* Br., *P. Candollei* Br., *P. arborescens* Schl., *Neuropteris cordata* Br., *N. planchardi* Zeiller, *Odontopteris reichi* Gutb., *Callipteridium pteridium* Schl., *C. ovatum* Br., *Alethopteris grandini* Br., *Dicranophyllum gallicum* G.E. « mais aucun *Callipteris* ni *Walchia* ». C'est l'absence de ces deux espèces qui maintient, selon Renault, la série du Grand Molloy dans le Carbonifère.

Le Permien

Delafond classe le *Permien inférieur* en trois niveaux successifs :

L'étage d'Igornay-Lally, qui offrirait de grandes analogies avec le Houiller et comprendrait :

a) à la base, un faisceau de schistes bitumineux épais de 75 m environ, connu à Igornay, Lally, St-Léger, auquel se rattacheraient peut-être quelques affleurements de la bordure occidentale du bassin :

b) puis le faisceau des grès de Lally, puissante formation gréseuse renfermant une couche de schistes bitumineux autrefois exploitée à Lally et Champsigny. Comme le précédent, ce faisceau est mal connu à l'W ; Delafond pense qu'il doit exister à la Commaille.

La flore de l'étage d'Igornay (63) serait caractérisée par l'apparition des *Callipteris* qui demeurent rares, la présence de *Neuropteris planchardi* Zeil. Une faune de reptiles et de poissons l'accompagne avec de nombreux coprolithes.

— L'étage de la *Commaille-Chambois* montrant, à sa partie inférieure, la « grande couche » de schistes bitumineux connue à Dracy St-Loup, St-Forgeot, la Commaille, surmontée par les « grès et schistes supérieurs ».

Quelques gîtes de houille existeraient à Chambois et sur les rives de l'Arroux.

Le caractère permien de la flore s'affirme avec la multiplication des *Callipteris* divers (*C. lyratifolia* Goepp., *C. neumanni* Gutbier, etc), des *Walchia* (*filiciformis* Schl., *W. frondosa* Renault, *W. piniformis* Stern, cette dernière espèce étant déjà signalée dans l'étage de Lally, etc). La faune est toujours représentée par des poissons et des reptiles.

— L'étage de Millery dont les assises schisteuses, peu gréseuses, renferment de nombreuses couches assez minces de schistes bitumineux et surtout une veine de boghead, connue sur une longueur de 7 km.

Selon Renault (63) on recueille dans l'étage de Millery de nombreuses espèces de *Callipteris*, *Walchia*, *Taeniopteris*, etc... poissons et reptiles y sont également variés. Les bois silicifiés seraient particulièrement abondants.

Entre la faille qui se dirige d'Autun vers Marvelay, et les hameaux de St-Denis, Vauteuil et Veuvrothe affleure une formation de grès et argiles colorées qui, si l'on en croit Delafond (21) ne présenteraient jamais ni schistes bitumineux, ni empreintes végétales, ni bois silicifiés

et seraient assimilables aux grès rouges du bassin de Blanzky (quoiqu'un peu moins caractéristiques à Autun qu'à Blanzky) ; toujours d'après Delafond (21) ce « Saxonien » reposerait indifféremment sur les divers étages du Permien inférieur et se trouverait en contact : avec l'étage de Millery à St-Symphorien, avec l'étage moyen de St-Symphorien à Vergoncey, plus loin vers l'E avec des poudingues considérés comme le prolongement de l'étage d'Ignoray. Delafond place donc une discordance entre « l'Autunien » et le « Saxonien » du bassin d'Autun, tout en convenant (21) « qu'il y aurait besoin d'arguments plus décisifs ».

Le Trias

Le trias présente à Autun la succession habituelle de grès arkosiques, calcaires dolomitiques et marnes bariolées.

Le Secondaire n'occupe que peu d'espace au-dessus des terrains houillers et permien ; il recouvre, par endroits, ces derniers le long des bordures, du Petit Molloy à Epinac et la Drée, ainsi qu'au N d'Auxy, il forme, au centre, le petit plateau de Vauteuil, au NE d'Autun.

TECTONIQUE

Les coupes figurées par Delafond (21) montrent le bassin d'Autun comme une cuvette assez régulière, dont le bord S est toutefois plus relevé, et que découpent plusieurs failles normales longitudinales ou transversales. Le Houiller apparaît plus épais à l'E, au voisinage d'Epinac, l'étage Carbonifère supérieur étant seul présent sur toute la bordure du bassin, ce qui déjà indiquerait une transgression de l'E vers l'W. Dans le même ordre d'idée, le Permien inférieur est développé entre Ignoray et Sully, à l'W d'Epinac, le Permien moyen plus à l'W encore, de Dracy à la Commaille. Quant au Permien supérieur de Millery il occuperait le centre de la cuvette.

Une phase tectonique serait intervenue avant le dépôt des grès rouges, cantonnés sur une aire assez restreinte au NE d'Autun.

NOUVELLES CONCEPTIONS DE LA STRUCTURE DU BASSIN D'AUTUN

A l'occasion des problèmes posés par l'épuisement d'un certain nombre de gîtes, entre autres de celui d'Epinac, M. Pruvost fut conduit à examiner à nouveau la structure du bassin d'Autun-Epinac. Gardant comme point de départ les résultats des recherches antérieures et ceux de quelques nouveaux sondages, il fit intervenir de nouvelles notions concernant des modifications latérales de dépôt dans une cuvette limnique.

Le sondage n° 7 a recoupé une puissante formation gréseuse avec quelques couches de houille et bancs de schistes qui représenterait l'étage moyen houiller dit « des grès et poudingues » de Delafond. Mais,

d'une part, ce sondage a livré, à 328 m, *Pecopteris leptophylla* Burn., espèce du Permien de Brive ; d'autre part, le sondage 6, placé à 1,6 km environ au NW du précédent, sur une même ligne de niveau de la cuvette, se relie aux gisements de Molloy et l'étage dit « du Grand Molloy » (Houiller supérieur de Delafond) s'y trouve au contact du socle, surmonté par le faisceau bitumineux d'Igornay, les grès et poudingues de Lally. Pour raccorder les sondages 6 et 7, compte-tenu des pendages observés en surface, il faut donc admettre que les grès et poudingues du Mont-Pelé représentent, non plus un niveau carbonifère intermédiaire, mais le passage latéral à un faciès détritique des bancs de l'Autunien inférieur.

M. Pruvost examine ensuite l'étage du Grand Molloy. Il constate que ce dernier se trouve tout le long de la bordure du bassin en concordance sous le faisceau des schistes bitumineux d'Igornay ; que sa flore, caractérisée par la présence simultanée d'espèces stéphaniennes et d'autres, d'affinité nettement permienne, telles que *Neuropteris planchardi*, ne peut guère être différenciée de celle d'Igornay où les *Callipteris* et *Walchia* sont absents ou très rares ; que les charbons de Molloy se rapprochent des charbons autuniens, les épontes stériles changeant elles-mêmes d'aspect et devenant plus argileuses. Pour ces différentes raisons, M. Pruvost classe l'étage du Grand Molloy dans le Permien. Seul le faisceau d'Epinac demeure stéphaniien. Une lacune avec discordance se placerait entre ces deux niveaux.

M. Pruvost, après quelques modifications, sur lesquelles nous n'insisterons pas, concernant le nom et le raccordement des différentes assises de l'Autunien, adopte la classification suivante : (cet auteur évite le terme « d'assise de la Commaille-Chambois » pour désigner l'étage moyen de l'Autunien car les couches de la Commaille ne lui paraissent pas contemporaines de celles de Chambois).

STEPHANIEN MOYEN. ETAGE DE ST-ETIENNE. FAISCEAU PRODUCTIF D'EPINAC.

.....
Lacune et discordance
.....

AUTUNIEN

AUTUNIEN INFÉRIEUR 700 m

Assise d'Igornay 150-230 m comprenant :

- a) poudingues de base à galets de Rhyolite
- b) faisceau de Molloy 0-100 m : grès, schistes et charbon
- c) faisceau d'Igornay 30 m : schistes avec couches bitumineuses et lits dolomitiques
- d) grès et poudingues de Lally 100 m.

L'ensemble passe latéralement aux grès et poudingues du Mont-Pelé ;

Flore de transition :

Alethopteris grandini Br., *Odontopteris reichi* Gutb., *O. minor* Br.

Pecopteris divers, d'affinité stéphanienne,
Taeniopteris multinervis Weiss., *Walchia* et *Callipteris* encore rares,
d'affinité permienne.

..... couche de Lally

Assise de Muse 500 m

Intervalle mal connu avec la couche de Muse, les veines de
houille de Cordesse et Chambois

Disparition d'*A. grandini* Br., apparition d'*Estheria tenella*
Jord.

..... grande couche (du Surmoulin)

AUTUNNIEN SUPERIEUR 500 m

Assise de Surmoulin 250 m.

schistes argileux quasi stériles avec grès

..... 10^{me} couche des Télots

Assise de Millery 250 m

a) faisceau des Télots ; schistes avec rares bancs de grès et 10
couches de schistes bitumineux,

b) groupe du boghead ; schistes avec quelques bancs calcaires,
minces lits bitumineux et boghead à 110 m.

Flore permienne à *Callipteris* et *Walchia*. Faune à *Estheria*
tenella Jord., *Amblypterus* et autres poissons.

PERMIEN SUPERIEUR

Grès rouges

On passe en gros de la classification de Delafond à celle de M. Pruvost :

— par la disparition de l'étage houiller moyen dit « des grès et pou-
dingues,

— par l'attribution au Permien de l'étage Houiller supérieur du
Grand Molloy, intégré à l'assise d'Igornay,

— par la subdivision de l'assise de la Commaille-Chambois en assi-
se de Muse, et assise de Surmoulin.

La carte et les coupes de la planche que M. Pruvost a bien voulu nous autori-
ser à reproduire montrent le bassin d'Autun constitué par une petite cuvette
houillère aux environs d'Epinac, surmontée d'une autre cuvette houillère aux
environs d'Epinac, surmontée d'une autre cuvette permienne apparemment plus
étendue ; dans cette dernière, l'Autunien présente un faciès littoral à l'E, au S
et à l'W. Les dépôts sont plus fins au centre et au N. Les veines de houille sont
formées en marge du lac permien, les schistes bitumineux au centre. Comme
le montre la figure (C Pl. 7) extraite du rapport de M. Pruvost, on passe latéra-
lement d'une région de sédiments grossiers à une région marginale de dépôts
charbonneux, puis à celle des schistes bitumineux.

ETUDE PARTICULIERE DU PASSAGE DE L'AUTUNNIEN AUX GRES ROUGES

Nous remarquerons tout d'abord que sur la carte de M. Pruvost les
grès rouges reposent entièrement sur l'Autunien supérieur, les contours

des deux formations restant même très grossièrement parallèles, alors que, pour Delafond, le « Saxonien » se trouve en contact avec différents niveaux de l'Autunien.

Existe-t-il continuité et passage progressif entre un Permien schisteux, bitumineux, à flore et à faune caractéristiques et les niveaux sans fossile à faciès grossier et rubéfié dénommés « grès rouges » ou « Saxonien » ?

Coupe de St-Denis à la R. N. 73

Le hameau de St-Denis est relié à la R. N. 73 d'Autun à Beaune par un chemin creux dans le talus duquel s'observe une bonne coupe reproduite sur la planche 7.

Au S de St-Denis, on voit une alternance de conglomérats très grossiers, de grès arkosiques et de grès rouges au milieu desquels s'intercalent des bancs de schiste noir fin. Cette « imbrication » des deux faciès se poursuit sur toute la coupe et, au point K, des fossiles purent être recueillis dans les bancs schisteux. M. Corsin a examiné les végétaux et a bien voulu nous communiquer la liste suivante :

feuilles de *Sigillaria* probablement *brardi* Br.

fructifications de *Cordaites*

Callipteris conferta Sternb. var. *polymorpha*

macrostachya sp.

Pecopteris feminaeformis Schl.

Pecopteris cyathea Schl.

Pecopteris cyatheoides

Calamites sp.

Accompagnant cette flore, de nombreux coprolithes et écailles de poissons.

Ainsi ces lentilles ou terminaison de bancs de schistes fins bitumineux présentent sans ambiguïté les caractères pétrographiques et paléontologiques de l'Autunien.

Prolongement de la même coupe au N de St-Denis

Sur la carte géologique de Beaune, la limite des grès rouges passe légèrement au S de la route de St-Symphorien à Vauteuil. Cependant des sables et grès rougeâtres restent visibles à St-Denis même, ainsi que dans un petit chemin forestier qui se place sensiblement dans le prolongement vers le NW de celui suivi par la coupe précédente. Les observations y sont plus difficiles, étant gênées par les bois ; mais quelques lits charbonneux et schisteux viennent encore s'intercaler dans les grès arkosiques rougeâtres.

Région de Curgy

Un sentier, partant de Curgy, suit un vallon en direction de l'E. On retrouve là, par endroits, des conglomérats ; une petite saignée dans le flanc du vallon montre également un affleurement charbonneux au milieu de formations grossières ; poudingues, grès, grès rougeâtres.

Ainsi, à Autun comme à Graissessac, comme à Blanzay, le remplacement du faciès schisteux par celui des grès rouges n'est pas instantané, mais progressif. Il se fait par une série de récurrences de faciès autunien typique, que la relative abondance de restes végétaux ou animaux souligne, au milieu des formations détritiques souvent grossières, rouges ou verdâtres qu'on a pris l'habitude de désigner sous le vocable de saxonien.

FORMATION DU BASSIN D'AUTUN

Tenant compte de tous ces résultats, voici comment il me paraît possible de reconstituer l'histoire du bassin d'Autun.

Au Stéphanien moyen, une dépression se forme aux environs d'Epinac (dépression qui, peut-être, se prolongerait à l'E), dans laquelle s'établit un régime de sédimentation limnique. Ce dernier, par une série de subsidences, donne naissance aux couches d'Epinac. Puis la sédimentation s'arrête pour un temps, tandis qu'intervient probablement une érosion. Elle reprend sans grand changement, à la fin du Carbonifère, s'étend vers l'W, alimentée par des apports en provenance de l'E, du S et de l'W, comme le témoignent les roches grossières des bordures correspondantes. En marge de ces dépôts littoraux se forment quelques veines de houille, tandis que vers le centre et N de la cuvette limnique s'installe un faciès d'eau calme : schistes fins et bitumineux. Ensuite les conditions climatiques changent, peut-être à la faveur de déformations du sol, et les grès rouges envahissent peu à peu le bassin, avec plusieurs récurrences de faciès « autunien » qui se développent jusqu'à proximité des bordures.

Enfin intervient sans doute une assez longue période de plissement accompagné d'érosion, suivie du dépôt du Trias, en discordance complète sur tous les niveaux antérieurs.

CONCLUSION

De l'étude de P. Pruvost, on doit retenir que, dans les bassins limniques, la nature des roches dépend étroitement des conditions de dépôt, de la plus ou moins grande proximité des régions marginales, des courants.

De mes propres observations, il ressort que le passage du Permien à faciès « autunien » aux « grès rouges » se fait par une série de récurrences, et qu'il n'existe aucune discordance entre les deux.

CHAPITRE V

Bassin houiller et permien de Blanzky

GENERALITES

Le bassin de Blanzky forme une bande allongée et légèrement concave vers le S-E, orientée N 35° - 40° E dans sa moitié septentrionale et N 55° E dans la partie méridionale.

Sa longueur apparente est de 70 km depuis Charrency, où il s'ennoie sous les formations secondaires, jusqu'à la Loire ; mais en réalité, il se prolonge au S du fleuve par le petit bassin de Bert. Large de 6 km vers St-Bérain, il atteint progressivement 15 km au méridien de Montceau, 16 km à celui de Perrecy. Au S de cette localité, ses limites méridionales sont masquées jusqu'à Bert, où les dimensions transversales sont réduites à 5 km.

Le centre est entièrement occupé par les terrains permien tandis que le Houiller affleure en une bande continue depuis Charrency jusqu'à Perrecy, sur le bord S, en lambeaux irréguliers d'importance variable, dont le plus vaste est celui du Creusot, sur le bord N.

Le relief du sol est peu accusé, l'altitude reste comprise entre 280 et 400 m, elle atteint exceptionnellement 520 m au Mont des Alouettes près du Creusot.

Après la Loire, l'Arroux, qui descend du N au S de Toulon à la Motte-St-Jean, est le seul cours d'eau d'une certaine importance ; de plus, une voie navigable, le canal du Centre, longe le bassin.

L'agriculture, surtout l'élevage, est bien développée ; la forêt occupe également une certaine superficie. Mais la région possède en outre de puissantes ressources industrielles : Le Creusot et Gueugnon sont le siège d'une métallurgie lourde d'un renom universel ; Montceau, celui d'une extraction charbonnière qui s'élevait, en 1950, à 2.600.000 tonnes.

Les communications, soit par route, soit par fer, sont faciles : des voies ferrées réunissent le bassin à la vallée de la Loire, à celle de la Saône et à Autun. Le Canal du Centre, malgré l'étroitesse de ses écluses, est largement utilisé pour le transport des charbons, des briques, tuiles, etc.

ASPECT D'ENSEMBLE DU BASSIN DE BLANZKY

Une carte d'ensemble du bassin de Blanzky montre (Pl 2) :

A) Une partie centrale dont la surface, égale aux neuf dixièmes de celle du bassin, est entièrement occupée par les terrains permien localement recouverts par du Secondaire ou par des alluvions.

B) Une bande carbonifère que l'on suit, au SE, de Charrecey à Perrecy.

C) Plusieurs lambeaux houillers isolés longeant la bordure NW. Au SW de la Loire, le petit bassin de Bert peut-être considéré comme un prolongement de celui de Blanzky.

A. — Partie centrale

Aucun gisement houiller n'est connu ici. Des quelques recherches par sondages effectuées anciennement, une seule a dépassé les limites du Permien et pénétré dans le socle ; le sondage de Charmoy recoupant un Houiller stérile, ce qui découragea longtemps les exploitants de faire d'autres travaux.

Ce n'est que dans cette région, cependant, qu'il est encore possible de trouver de nouveaux gîtes.

B. — Bande houillère de la bordure SE

Là sont les principales ressources du bassin. Du NE au SW, nous distinguerons :

- le district de St-Bérain, exploité jusqu'en 1904, où quelques galeries furent réouvertes durant la dernière guerre ;

- celui de Montchanin et Longpendu, où MM. Schneider et Cie ont anciennement déhouillé quelques couches qui, à Montchanin, se disloquent en amas irréguliers ;

- la région de Blanzky - Montceau-les-Mines, qui fournit actuellement la totalité de la production du bassin ;

- la région de Perrecy où les travaux sont actuellement arrêtés, dépendant du centre de Montceau.

C. — Lambeaux houillers de la bordure NW

Ce sont :

- le petit bassin du Creusot, formant un golfe au milieu des formations dinantiennes, d'une superficie inférieure à 2 km², pratiquement épuisé et abandonné aujourd'hui après avoir été longtemps la mine des établissements Schneider ;

- le gîte des Petits Châteaux ;

- celui du Bois de Toulon

objets tous deux d'anciennes recherches, mais d'intérêt pratiquement nul en dehors des quelques renseignements géologiques qu'ils ont fournis.

- enfin le lambeau de Grandchamps, un peu plus riche, jadis exploité par deux puits remis en activité durant la dernière guerre.

Bassin de Bert

Comme le bassin de Blanzky proprement dit, le bassin de Bert, d'une étendue assez limitée, est occupé en grande partie par les grès rouges qu'une faille à grand rejet sépare des terrains affleurant au S de l'accident.

OPINIONS ANTERIEURES AU PRESENT TRAVAIL

Le lecteur trouvera dans l'ouvrage de Delafond (22, pl. 1 à 8) l'exposé des opinions émises avant 1900 et concernant le bassin de Blanzky. Les grès rouges furent classés tantôt dans le Permien (Rozet, Manigler, Coquand), tantôt dans les grès bigarrés (Dufrénoy et Elie de Beaumont, Manès, Fournet). Sauf Amédée Burat, la plupart des auteurs admettent la continuité des assises houillères entre les bordures S et N.

En 1902, Delafond et Zeiller publiaient une monographie très complète (22 et 75) décrivant d'une part la structure du bassin, d'autre part, sa flore :

Sur un socle cristallin localement surmonté de quelques lambeaux dévoniens, un Houiller rapporté au *Stéphanien supérieur* avec, peut-être, du *Stéphanien moyen* sous jacent. En discordance l'*Autunien* dont la base manquerait ; puis une nouvelle discordance et apparition du *Saxonien*, divisé en *Saxonien inférieur* gréseux avec encore des bancs de schiste et de houille et *Saxonien supérieur* formé par les grès rouges et blancs rubannés caractéristiques. Le gîte de Bert est rattaché au bassin de Blanzky et placé dans l'*Autunien*. Delafond, classant dans le Permien la totalité des formations du sondage de Charmoy, ne croit plus, d'autre part, à la continuité du Houiller sous la couverture permienne. Enfin, pour expliquer la juxtaposition du terrain houiller et du grès rouge le long des bordures, ce géologue admit d'abord l'existence de grandes failles ; puis il jugea plus vraisemblable celle de plis énergiques entre Houiller et Permien ayant créé une fosse profonde remblayée ensuite par le Permien.

En 1920, le même auteur (23) explique la présence d'*Autunien* à proximité du Houiller par des plis entre ces deux étages qui auraient conduit à la formation de cuvettes permienues à peu près à l'emplacement des cuvettes houillères. Il fait également une nouvelle hypothèse concernant Blanzky, voyant deux synclinaux houillers grossièrement parallèles aux bordures N et S ; un effondrement de la partie centrale entraînant les flancs contigus des deux synclinaux stéphanienues crée une dépression comblée ensuite par le Permien, ou à la faveur de laquelle cet étage se trouverait conservé.

P. Termier et G. Friedel (rapports inédits et P. Termier, 65) reconnaissent la continuité entre *Stéphanien* et *Autunien*. Ils classent d'autre part dans le Houiller une grande partie des niveaux du sondage de Charmoy, posant à nouveau la question des relations entre les bordures S et N. Mais ils placent une phase tectonique majeure après l'*Autunien*, mouvement ayant provoqué un charriage du *Saxonien* sur ce dernier.

L'étude des différentes assises permienues et de leur relation avec le *Stéphanien* est donc le principal problème géologique qui restait à résoudre à Blanzky ; il revêt une importance particulière en raison de l'étendue de la couverture permienne. Nous examinerons ce que l'on peut dire, dans l'état actuel des choses, du développement éventuel du gisement sous cette couverture.

CRITIQUES DES PRECEDENTES OPINIONS : MODIFICATIONS ET FAITS NOUVEAUX APPORTES

Delafond plaçait une première discordance entre Houiller et Permien. Cette opinion reposait, semble-t-il, sur une interprétation erronée de certains contacts observée par lui entre les deux formations, contacts qui se trouvent être en réalité des failles (ex. : travers bancs partis des exploitations de Blanzky) ou qui présentent des anomalies apparentes explicables par des plis (région de Montchanin). A P. Termier et G. Friedel revient le mérite d'avoir, par une étude floristique de la région de Perrecy (rapport inédit, voir p. 106), montré qu'il n'existait pas, à Blanzky, de discontinuité notable à ce niveau. Je ne fais que confirmer ce résultat.

Tout récemment encore, on admettait au contraire d'importants mouvements entre « l'Autunien » à faciès schisto-gréseux et bitumineux et les « grès rouges », plaçant là la phase saaliennne de Stille qui, pour certains (P. Termier 65), se matérialisait par le charriage de ces derniers.

Rien de tel ne m'est apparu, et j'ai constaté que dans le bassin de Blanzky, comme à Graissessac et Autun, aucune discordance ne marque l'apparition des grès rouges, qui se fait par modification lente et progressive du faciès. Ceci est je crois, essentiel tant pour la géologie que pour l'exploitation ; il est en effet possible de préjuger de la profondeur des niveaux houillers par l'examen de la surface.

J'ai mis d'autre part en évidence un certain nombre de failles transversales et longitudinales, que l'on peut classer en plusieurs groupes.

J'ai signalé que les plis affectant l'ensemble permo-carbonifère étaient en général (la région de Montchanin Longpendu et du Creusot exceptée) peu ou moyennement accusés, que leur direction N 65° E - S 65° W, se trouvait légèrement oblique par rapport à l'axe apparent du bassin.

Je crois enfin que les assises permo carbonifères sont transgressives vers le SW, l'Autunien reposant directement sur le socle à Bert.

STRUCTURE D'ENSEMBLE DU BASSIN HOUILLER ET PERMIEN DE BLANZKY

— Au SE du bassin affleure, depuis Charresey jusqu'à la banlieue occidentale de Montceau-les-Mines, une bande carbonifère reposant sur un socle cristallophyllien et qu'une série d'accidents effondre au NW sous les terrains permien. Au SW des puits de l'Essertot et St-Amédée, le Trias et le Jurassique recouvrent le Houiller, encore exploité à Perrecy, reconnu par quelques sondages seulement de Perrecy à Bragny et Usigny ; l'ensemble s'ennoie enfin sous la vallée de la Loire.

Les travaux de Charresey et St-Bérain, anciens, apparaissent assez morcelés, le gisement coupé de nombreuses failles. (Pl. 6).

Dans le district de Longpendu se voient plusieurs veines plissées en anticlinal déversé ; à Montchanin, elles se divisent en une série d'amas irréguliers, au travers desquels le pli subsiste.

Le gisement de Blanzky et Montceau-les-Mines comprend un faisceau de 6 couches exploitées ; au toit se placent quelques couches dites « supérieures ». Il est compartimenté par une série de failles longitudinales. Par des effondrements successifs vers le NW, ces accidents font apparaître en surface les niveaux permien inférieurs, puis les grès rouges.

A Perrecy fut exploitée surtout la « grande couche », tenue pour le prolongement de la couche n° 2 de Montceau. Elle est accompagnée d'autres filets charbonneux, et le puits de Perrecy n° 1, dit aussi puits de Romagne, a recoupé les deux couches de Romagne, nettement plus jeunes.

Les sondages au SE de Perrecy, enfin, ne donnent encore que des résultats incertains.

— Dans le centre du bassin, les grès rouges occupent la majeure partie de la

surface ; au NE de la bordure carbonifère sud-orientale, la présence de l'étage supérieur « rla » indique une région profonde, circonstance très défavorable pour l'exploitation. La faille de Sanvignes, prolongée sans doute par celles du Breuil et de Chapitre, provoque bien une certaine relevée au NW, marquée par l'apparition de lambeaux appartenant à l'étage moyen « rib », mais les formations supérieures affleurent à nouveau largement au delà de ces accidents.

La faille des Martenets par contre, relayée au S par celle du Buisson, est plus importante. Son rejet est tel qu'au milieu d'une large zone d'arkoses de l'étage moyen se voient des schistes à Walchia du Permien inférieur, au centre de plusieurs anticlinaux ; aux Martenets, au Puits, à l'W de Fréty, du Buisson, à Courmarcou.

Deux autres accidents transversaux, les failles de Charmoy et des Bizots font de même affleurer les bancs schisteux de Charmoy et de la Cruzille, au centre d'une auréole d'arkoses « rib ».

Enfin, entre Toulon-sur-Arroux et Curdin, alternent le Permien inférieur et moyen. La région de Curdin paraît susceptible de renfermer un gîte exploitable à une profondeur pas trop grande.

STRATIGRAPHIE DU BASSIN DE BLANZY

Prenant le type du Houiller dans la région de Montceau-les-Mines et de Perrecy, où cet étage est le plus complet ainsi que le mieux connu, j'adopterai, dans la série permo-carbonifère du bassin de Blanzky, les divisions suivantes :

socle en général cristallin ; sédimentaire en quelques points (le Creusot).

.....
Conglomérat de base (dit « à pâte noire » à Montceau)

STEPHANIEN

ASSISE DE BLANZY (Stéphanien moyen = assise de St-Etienne =
couches d'Epinac)

Flore à *Odontopteris reichi* Gutb. et la plupart des espèces de Saint-Etienne

Comprend :

à Montceau : une zone inférieure stérile épaisse de 150 m environ, mal connue.

— le faisceau des grandes couches, renfermant 6 couches exploitées numérotées 1 à 6 de haut en bas, avec, par endroit, une couche 7 ; épaisseur 400 m, un peu moins dans la région méridionale.

à Perrecy :

la « grande couche d'anthracite », accompagnée de filets charbonneux.

ASSISE DES CARRIERES OU DE CHATZEAU (Stéphanien supérieur = assise d'Avaize)

Flore à *Odontopteris reichi-minor* Pot., Schistes à coprolithes et poissons à la base (découverts St-François) Faune d'eau douce.

(Dans certains sondages, la limite inférieure de l'assise des carrières serait marquée par un poudingue à galets de quartz).

Comprend :

à Montceau : — le *faisceau des petites couches* (dites aussi « couches supérieures » ou « couches du toit »), avec les veines 0, 1, 2, 3, épais de 200 à 250 m.

à Perrecy : — peut-être les filets voisins de la faille du puits de Romagne.

AUTUNNIEN

ASSISE DE PERRECY (zone de passage stéphano-autunienne = assise d'Igornay-Grand Molloy)

Flore à *Odontopteris minor* Br., *Neuropteris planchardi* Zeil., *Callipteridium gigas* Gutb., *Taeniopteris multinervis* Weiss.

Terrains bariolés, noirs, rouges et verts ; conglomérats à galets de feldspath rose (sablon), épais de 150-200 m.

Comprend :

à Montceau — des niveaux stériles, dans lesquels ont pénétré un certain nombre de travers bancs dirigés vers le NW.

à Perrecy : — les couches 1 et 2 du puits de Romagne

ASSISE DU BOIS DU VERNE (= Permien inférieur = Autunien de Delafond)

Permien noir à *Callipteris*, *Lebachia*, schistes bitumineux, poissons, charbon rare

Épaisseur 350 m environ

ASSISE DE LA MOUILLELONGUE (= Permien moyen = Saxonien inférieur de Delafond)

Grès arkoses à feldspath rose, sable, conglomérat à pâte plus ou moins rubéfiée

Épaisseur 400 à 500 m au sondage de la Mouillelongue.

ASSISE DE TORCY (= Permien supérieur = Saxonien supérieur de Delafond)

faciès des « grès rouges » typique

Épaisseur supérieure à 500 m au sondage de Torcy

Ces grandes divisions établies, j'examinerai de plus près les différentes formations.

Le socle

Le socle est en majeure partie constitué par des roches cristallines ou cristallophyliennes : elles affleurent largement sur les bordures. Ce sont :

le *granite* qui s'étend le long de toute la lisière NW au N de la Loire et se retrouve de part et d'autre du bassin de Bert ;

les *granulites* depuis St-Bérain jusqu'à Blanzay.

les *gneiss granulitiques* au S de Blanzay et de Montceau.

En quelques points cependant le substratum du Houiller est sédimentaire :

au Creusot où il paraît être en grande partie dinantien et non dévonien comme l'indique la feuille Autun, 2^{me} édition ;

au N du bassin de Bert ; le Tournaisien et le Dévonien seraient là en contact par faille avec les grès rouges et doivent donc exister en profondeur au S de l'accident.

Les quelques lambeaux marqués comme dévoniens entre le Stéphanien et les granulites au S de St-Bérain, nous semblent être en réalité des schistes houillers. Il se pourrait cependant, qu'il subsiste dans cette région quelques témoins dévoniens mal visibles actuellement.

Beaucoup, parmi les sondages faits par la Cie des mines de Blanzv, ont pénétré dans le socle, toujours granulitique ou gneissique, ce qui ne saurait étonner en raison de la proximité de la bordure cristalline

le sondage de Charmoy, seul ouvrage ayant atteint le socle dans la partie centrale du bassin, aurait rencontré le granite à 1.100 m.

Le houiller

Schiste, houille, grès et conglomérats sont toujours, à Blanzv, les roches constitutives du Stéphanien.

Les conglomérats sont relativement abondants, sans doute en raison de la dureté et de la cohésion des roches cristallines du socle auxquelles sont empruntés leurs éléments, de nature granitique en général. Les plus remarquables sont la « barre à boules » de la couche 1 de Blanzv, banc stérile à galets de gneiss inséré au milieu de la veine, et le poudingue du fond du puits Barrat, à énormes galets granitiques.

Les grès, généralement gris ou blancs, plus ou moins fins et micacés, du type houiller banal, sont quelquefois colorés par des éléments provenant des roches cristallines de la région ; certains grès à orthose (grain serré et ciment peu abondant), prennent à l'œil l'aspect d'un granit à grain fin ; ils sont souvent marqués « grès rouges » dans les travaux ce qui crée quelquefois une confusion.

Les schistes ne semblent guère présenter de particularité et montrent les variations habituelles de structure ; ils sont plus ou moins micacés, plus ou moins bien lités, rarement colorés.

La houille de Blanzv est soit un charbon maigre à 9-12 % de matières volatiles, soit un demi-gras ou un flambant dont la teneur en matières volatiles peut dépasser 30 %.

REGION DE MONTCEAU-LES-MINES

Ainsi que nous l'avons vu, le Houiller de Montceau-les-Mines comprend l'assise de Blanzv, renfermant les « grandes couches » exploitées, numérotées 1 à 6 et celle des Carrières, avec les « petites couches » qui affleurent dans les découverts.

Il convient de rappeler les études floristiques faites par Zeiller (75) en 1896, puis celles de P. Corsin sur les veines 1 à 4 du faisceau des grandes couches en 1948 (17).

Zeiller note la présence des espèces suivantes :

— zone du toit (assise des carrières) : « *Sphenopteris cristata* Br., *S. matheti* Zeil., *Zygopteris pinnata* G.E., *Diplomena busqueti* Zeil., *D. ribeyroni* Zeil., *Pecopteris cyathea* Schl., *P. candollei* Br., *P. hemiteloides* Br., *P. oreopteridia* Schl., *P. daubreei* Zeil., *P. truncata* Rost., *P. densifolia* Goepp., *P. polymorpha* Br., *P. unita* Br., *P. feminaeformis* Schl., *P. bioti* Br., *P. gruneri* Zeil., *P. stertzeli* Zeil., *Callipteridium pteridium* Schl., *C. gigas* Gutb., *Alethopteris grandini* Br., *A. costei* Zeil., *Odontopteris minor* Br., *O. genuina* G. E., *Mixoneura subcrenolata* Rost., *Neuropteris crenolata* Br., *N. pseudo-blissi* Pot., *N. cordata* Br., *Linopteris germari* Gieb., *Taeniopteris jejuna* G.E., *Sphenophyllum oblongifolium* Germar, *S. longifolium* Germar, *Sigillaria brardi* G.E., *Cordaites lingulatus* G.E., *C. angu-*

lostriatus G.E., *Dicranophyllum gallicum* G.E., *Walchia imbricata* Schimper et autres espèces de moindre intérêt stratigraphique.

Zeiller mentionne en outre, dans le travers banc 427 au delà de la faille du Magny, *Pecopteris integra* Andrae, *Mixoneura neuropteroides* Goepp, *M. auriculata* Br., *Neuropteris planchardi* Zeil., *Linopteris germari* Gieb.

Zone médiane (assise de Blanzey) : la plupart des espèces précédentes, sauf *Zygopteris pinnata*, *Diplotmena*, *Pecopteris daubreei*, *P. truncata*, *P. densifolia*, *P. integra*, *P. gruneri*, *Neuropteris planchardi*, *Linopteris germari*, *Taeniopteris jejuna*, *Walchia imbricata*. En plus, *Pecopteris euneura* Schimp, *Odontopteris reichi* Gutb., *Walchia piniformis* Schl., *Asolanus camptotaenia* Wood.

En 1948 (17), M. Corsin examine sur place la collection des échantillons recueillis à Montceau et, compte-tenu des résultats de Zeiller, donne une liste des principales espèces formant la flore des couches 1 à 4 du Faisceau des Grandes couches (assise de Blanzey) :

« *Callipteridium pteridium* Schl., *C. gigas* Gutb., *Odontopteris reichi* Gutbier, *O. brardi* Br., *O. genuina* G.E., *O. obtusa* Weiss, *O. subcrenulata* Rost., *Mixoneura neuropteroides* Goepp., *Neuropteris crenulata* Br., *N. pseudo-blissi* Pot., *N. planchardi* Zeil., *N. cordata* Br., *Linopteris brongnarti* Gutb., *L. germari* Gieb., *Taeniopteris jejuna* G.E., *Pecopteridium costei* Zeil., *Alethopteris grandini* Br., *Diplotmena busqueti* Zeil., *D. ribeyroni* Zeil., *D. pinnata* G.E., *Pecopteris cyatheae* Schl., *P. candollei* Br., *P. hemitelioides* Br., *P. lepidorachis* Br., *P. oreopteridia* Schl., *P. daubreei* Zeil., *P. densifolia* Goepp., *P. polymorpha* Br., *P. unita* Br., *P. bioti* Br., *P. feminaeformis* Schl., *P. pluckeneti* Schl., *P. plumosa dentata* Artis, *Sigillaria brardi* Br., *Sphenophyllum oblongifolium* Germar et Kauf., *S. longifolium* Germar, *Cordaites lingulatus* G. E.

A très peu de chose près la liste de M. Corsin serait identique à l'ensemble des listes données par Zeiller pour les assises de Blanzey et des Carrières, n'était la présence de *Pecopteris dentata* affirmée par M. Corsin (serait sans doute le *Pecopteris truncata* de Zeiller), et surtout une importante divergence au sujet d'*Odontopteris minor*. Ce fossile, tenu par Zeiller pour l'espèce de Brongnart (décrite par cet auteur dans son Histoire des Végétaux Fossiles) devient une forme terminale de l'*Odontopteris reichi* Gutbier.

M. Corsin considère alors :

que l'on n'observe pas à Montceau l'*Odontopteris minor* Br. typique, mais une forme intermédiaire incomplètement évoluée, montrant sur la même plante des pennes de type « reichi » et « minor », désignée par le nom d'*Odontopteris minor* Zeilleri Pot., alors que dans les assises du Houiller supérieur de St-Etienne, l'évolution est complète et conduit à l'espèce *minor* vraie ;

que l'on récolte en abondance *Callipteridium pteridium*, *Neuropteris cordata*, *Linopteris Brongnarti*, de nombreux *Pecopteris cyatheoides*, *Cordaites lingulatus*, *Sphenophyllum oblongifolium* ; ainsi que des échantillons de *Callipteridium gigas*, *Pecopteris plumosa-dentata*, *Odontopteris brardi*. Ce seraient presque toutes les espèces caractéristiques du Stéphanien moyen tel que l'a défini Paul Bertrand ;

que la flore de Montceau renferme toutes les espèces trouvées dans le Stéphanien moyen d'Epinac ;

Il classe donc « toutes les couches exploitées à Montceau, aussi bien dans les découvertes que dans les puits (couches 1 à 4) dans le Stéphanien moyen ou assise de St-Etienne, caractérisée par la flore à *Odontopteris reichi*, *Callipteridium* et *Cordaites lingulatus* alors que Zeiller considérerait le Houiller de Montceau comme Stéphanien supérieur, le Stéphanien moyen pouvant exister à la base des couches exploitées.

Je me rangerai donc à l'avis de cet éminent spécialiste, et considérerai l'assise de *Blanzly* comme représentant le Stéphanien moyen.

La flore de l'assise des carrières est moins bien connue : je crois avoir récolté, dans les découverts voisins du puits du Magny, *Odontopteris minor* vrai : malheureusement, les petites couches n'étant pas exploitées, il est difficile de recueillir des échantillons complets. Je rangerai cependant l'assise des Carrières dans le Stéphanien supérieur car :

— à part quelques ravinements locaux, on n'observe, comme nous le verrons par la suite, aucune discordance ni discontinuité visible entre Stéphanien et Permien. Or, l'assise de Perrecy se place immédiatement au-dessus.

— des espèces d'affinité permienne commencent à se montrer dès la flore de Montceau : *Neuropteris planchardi*, *Odontopteris subcrenulata* recueilli dans la plupart des gisements permien par Zeiller, *Toeniopteris jejuna*, signalé à Autun par Renault dans les niveaux du Grand Molloy et d'Igornay.

— REGION DE PERRECY-LES-FORGES.

A quelques km au SW des travaux de Blanzly se placent ceux de Perrecy, d'étendue plus restreinte. Le travers banc reliant les puits Perrecy n° 1 et 2 montre la structure du gisement, ou tout au moins ce que l'on en connaît (coupe 66, pl. 6).

A la base des couches explorées, la grande couche d'antracite recoupée à 200 m par le puits Perrecy n° 2, et par le travers banc au niveau 300. formation irrégulière et barrée de lits de schiste et de grès, mesurant 30 m d'épaisseur dont 10 m de houille, paraît se terminer en digitations vers le SE ; elle représenterait le prolongement de la veine n° 2 de Montceau.

puis la petite couche d'antracite, quatre filets anthraciteux médiocres, surmontés d'un faisceau de quatre couches de houille flambante. L'ensemble mesure environ 500 m.

Le travers banc reliant les deux puits de Perrecy traverse ensuite une faille et rejoint le puits n° 1 dans lequel on connaît les deux couches du puits de Romagne (le puits n° 1 de Perrecy est également nommé puits de Romagne).

Les terrains primaires, sont recouverts en discordance par le Trias.

Les veines placées dans le travers bancs au SE de la faille ont livré une flore à *Cordaites lingulatus* G.E., *Linopteris germari* Gieb., *Odontopteris reichi* Gutb., *O. minor* Br., ou *minor-Zeilleri* Pot., *Callipteridium pteridium* Schl., *gigas* Gutb., *Pecopteris hemitelioides* Br., *P. polymorpha* Br., *P. unita* Br., *feminaeformis* Schl., *Diploptomena busqueti* Zeil. (75 p. 232-35). Elles furent classés dans le Houiller.

Par contre, de nombreux *Callipteris* furent recueillis dans le puits Perrecy n° 1, et les couches du puits de Romagne considérées comme permien et même classées dans le Saxonien inférieur par Delafond.

Dans un rapport inédit, P. Termier et G. Friedel donnent une nouvelle liste plus précise :

« Les nombreux *Callipteris* récoltés par Delafond et Zeiller se trouvent surtout au-dessus de la couche 1 ». Ailleurs, ils signalent :

« à quelques mètres de la couche 2 apparaissent : *Callipteridium pteridium* Schl., *Odontopteris minor* (1) t.c., *Pecopteris stertzeli* Zeil. ;

au mur immédiat de la couche 2, dans une descenderie : *Callipteridium pteridium* Schl., *Taeniopteris multinervis* Weiss. (1 éch.) ;

dans le travers banc, à 100 m en avant de la faille, au toit de la couche 2 : *Callipteridium pteridium* Schl., *Taeniopteris multinervis* Weiss. (1 éch.), Wal-

chia piniformis Schl. (1 éch.), *Neuropteris planchardi* Zeil, *Cordaites*, *Sphenophyllum oblongifolium* Germar ;

dans le travers banc, à 85 m en avant de la faille, au toit de la couche 2 : *Callipteridium pteridium* Schl., *Taeniopteris multinervis* Weiss., (1 éch.) ;

dans le travers banc, à 75 m en avant de la faille, près de la couche 2 : *Callipteridium pteridium* Schl., *Pecopteris hemitelioides* Br. :

dans le travers banc, à 61 m en avant de la faille : *Callipteridium pteridium* Schl., *Pecopteris stertzeli* Zeil. »

Dans le faisceau des couches flambantes, au SE de la faille, P. Termier et G. Friedel signalent la présence de « *Callipteridium pteridium* Schl., *C. gigas* Gutb., *Odontopteris minor* (1) », etc.

Les deux auteurs concluent : « Le passage Houiller-Permien n'est malheureusement plus observable dans le puits de Romagne » et, considérant comme permienne la partie supérieure du puits, comme houillère la partie inférieure, ils ajoutent : « il ne paraît cependant pas douteux que ce passage se fait sans discordance ni discontinuité, aucune discordance n'ayant été signalée dans la coupe du puits ».

Je pense donc que les couches du puits de Romagne appartiennent à l'assise de Perrecy, zone de passage Stéphano-autunienne, dont P. Termier et G. Friedel ont mis en évidence d'une façon remarquable les caractères de transition.

REGION DE MONTCHANIN ET DE LONGPENDU.

A Longpendu, au NE de Montchanin, le gisement comprend sept couches principales numérotées de 0 à 7 de haut en bas, affectées de plis déversés. Au S des travaux de Longpendu, les veines de houille paraissent confluer en amas.

Plus au SW encore, vers Montchanin, la structure en amas irréguliers devient la règle.

La liste des plantes fossiles recueillies à Montchanin et Longpendu comprend *Pecopteris cyathea* Schl., *P. candollei* Br., *P. hemitelioides* Br., *P. oreopteridia* Schl., *P. daubreei* Zeil, *P. densifolia* Goepp., *P. polymorpha* Br., *P. unita* Br., *P. feminaeformis* Schl., *Callipteridium pteridium* Schl., *C. gigas* Gutb., *Alethopteris grandini* Br., *Odontopteris reichi* Gutb., *O. minor* Br. ou *minor-Zeilleri* Pot., *Neuropteris cordata* Br., *Linopteris brongnarti* Gutb., *L. germari* Gieb., *Sphenophyllum oblongifolium* Germar., *Sigillaria brardi* Br., *Cordaites lingulatus* G.E.

Cette flore est peu différente de celle des grandes couches de Montceau, quoique moins variée (peut-être simplement en raison du moins grand nombre d'échantillons recueillis). Le Houiller de Montchanin, Longpendu serait contemporain de l'assise de Blanzay.

REGION DE SAINT-BERAIN.

Les anciens travaux de St-Bérain s'étendent sur 6 km environ le long de la lisière, au S de St-Bérain. On distingue là :

— Contre le socle, des grès et poudingues visibles en surface et que le travers banc S 88 du puits du Parc aurait recoupés (100-150 m).

— Le petit faisceau charbonneux de la Gagère, qui comprendrait, suivant Delafond, trois veines sans importance et une de meilleure qualité. On doit lui rapporter les affleurements visibles sur la carte au S de la Gagère, au voisinage des puits de la Giraudière et Charost. Le travers banc S 88 du puits du Parc n'aurait traversé que des schistes charbonneux.

— Des grès et poudingues, dont certains à éléments rougeâtres. Cette assise mesurerait 150 m dans le travers banc S du puits du Parc.

(1) Il s'agit probablement de *Odontopteris minor* Br.

— Le faisceau des Carrières qui, dans la région du puits de la Vigne, comprendrait deux couches distantes de 60 m. On lui attribue les deux veines rencontrées par le puits du Parc à 60 et 80 m.

— 80 m environ de grès très rubéfiés coupés de schistes.

— Le faisceau du Bois Perrot placé, dans la région de St-Léger, à la base du puits n° 2 de St-Léger. Il serait l'équivalent du faisceau de la Charbonnière connu vers St-Bérain au puits de la Charbonnière et auquel on rapporte les trois couches recoupées par le travers banc du puits du Parc à 260 m de cet ouvrage.

— Un peu plus de 100 m de grès schisteux.

— Les deux couches dites « intermédiaire » et « grande couche intermédiaire » traversées par le puits St-Léger n° 2 dans sa partie supérieure, et que le travers banc N du puits du Parc aurait reconnu à 400 m du puits. Elles sont surmontées par les couches de St-Léger.

— Enfin les couches du Clos, mal connues, dans lesquelles quelques recherches anciennes furent faites par le puits du Clos.

Zeiller mentionne à St-Bérain (75, p. 247) :

Zygopteris pinnata G. E., *Diploptomena busqueti* Zeil., *Pecopteris cyathea* Schl., *P. candollei* Br., *P. polymorpha* Br., *P. unita* Br., *P. feminaeformis* Schl., *Callipteridium pteridium* Schl., *C. gigas* Gutb., *Alethopteris grandini* Br., *Odontopteris brardi* Br., *O. minor* Br., *Mixoneura subcrenulata* Rost., *Linopteris germari* Gieb., *Sigillaria brardi* Br., *Cordaïtes lingulatus* G.E.

Flore qui n'offre pas de différence sensible avec celles des districts de Montceau et de Montchanin.

REGION DU CREUSOT.

Surmontant des grès et conglomérats, le faisceau charbonneux du Creusot comprend une grande couche dont la puissance, assez irrégulière (en raison, notamment, des plis accusés qui l'affectent), peut atteindre 30 m. Au mur de cette grande couche existent par endroits deux veines de houille. Au toit se place une formation de schistes noirs stériles.

Zeiller (75 p. 232-35 et 249-50) signale au Creusot la présence des espèces suivantes : « *Diploptomena busqueti* Zeil., *Pecopteris hemitelioides* Br., *P. arborescens* Schl., *P. candollei* Br., *P. cyathea* Schl., *P. daubreei* Zeil., *P. bioti* Br., *Alethopteris grandini* Br., *Linopteris germari* Gieb., *Lesleya cocchii* de Stephani, *Asolanus camptotaenia* Wood, *Sphenophyllum oblongifolium* Germar, *Cordaïtes cf borasifolius* Sternb., *Walchia piniformis* Schl., *hypnoides* Br., »

On note ici quelques différences avec la flore de Montceau, notamment l'absence des *Callipteridium*, des *Odontopteris*, des *Neuropteris* (au moins dans la liste donnée par Zeiller). Mais, comme à Montceau, on se trouve en présence d'espèces communes dans la flore de St-Etienne, d'un genre, l'*A. camptotaenia* plus commun dans le Stéphanién inférieur et de plusieurs espèces d'affinité permienne : *Lesleya* et *Walchia piniformis* ou *hypnoides* fréquentes dans tous les gisements permien du bassin.

REGION DE BERT.

On connaît dans le bassin de Bert :

— A la base, des brèches et conglomérats,

— Un faisceau de quatre couches numérotées de 1 à 4 de bas en haut,

— Une épaisse formation de grès et conglomérats.

— Le faisceau du plateau renfermant quatre couches, surmonté de schistes et de grès.

Il a été recueilli à Bert, tant par Grand Eury que par Zeiller (in Zeiller, 75, p. 232-35 et 251-52) :

un certain nombre d'espèces stéphanienues : *Pecopteris cyathea* Schl., *P. candollei* Br., *P. polymorpha* Br., *P. densifolia* Goepp., *Sphenophyllum oblongifolium* Germar, *Linopteris germari* Gieb., *Mixoneura auriculata* Br., *Sigillaria brardi* Br., *Callipteridium gigas* Gutb., *Sphenophyllum thoni* Mahr, etc.

d'autres permienues ou d'affinité permienne : *Callipteris conferta* Sternb., *Taeniopteris multinervis* Weiss., *Neuropteris planchardi* Zeil., *Callipteridium rochei* Zeil., *Walchia*.

Le faisceau supérieur de Bert (faisceau du plateau) est classé dans le Permien. Quant au faisceau inférieur, il fut considéré tantôt comme stéphanien, (carte géologique, feuille de Charolles, 2^{me} édition), tantôt comme permien (Delafond, 22, p. 29, Zeiller 75, p. 251). Les tenants de cette dernière opinion disent avoir trouvé « de nombreux débris de *Callipteris conferta* dans les schistes situés à la partie la plus inférieure de la formation ».

Lors de notre visite aux mines de Bert, en 1947, les travaux ne se trouvaient pas assez avancés pour qu'il soit possible de recueillir une nouvelle flore. Mais récemment, les ingénieurs du B.R.G.G., MM. Fabre, R. Feys, et Ch. Greber, envoyés en mission à Bert, avant la fermeture des exploitations, ont vérifié que les *Callipteris* se trouvaient, dès le faisceau le plus inférieur, au contact du socle. On doit donc revenir à l'opinion de Zeiller et Delafond et classer le gisement de Bert dans le Permien.

On remarquera à Bert, comme en d'autres points du bassin de Blanzv, l'association, soit aux mêmes niveaux, soit en des points peu éloignés, d'espèces de St-Etienne et d'espèces permienues.

AUTRES REGIONS

Les autres petites cuvettes de la bordure NW sont de peu d'importance. La coupe de la concession de Grandchamps donnée par Delafond (voir 22, fig 22) rappelle celle du Creusot, de même que celle des Petits Châteaux ; dans tous les cas, on voit une grande couche, accompagnée de quelques autres veines, s'enfoncer rapidement sous le Permien.

Zeiller (75, p. 250) signale à Grandchamps *Linopteris germari* Gieb., aux petits Châteaux *L. germari* et *Callipteridium pteridium* Schl.

Caractères généraux de la flore houillère du bassin de Blanzv : âge des principaux gisements

Les échantillons que nous avons recueillis nous-mêmes sont tous représentés dans les listes données par P. Corsin et Zeiller : c'est la raison pour laquelle nous ne les avons pas énumérés séparément. Il serait difficile, d'autre part, de récolter une collection quelque peu complète ailleurs qu'à Montceau, par suite de la fermeture de la presque totalité des autres exploitations. Les mines de Blanzv possèdent, du reste, un remarquable musée paléobotanique.

Partout cependant, la flore est constituée d'espèces de St-Etienne susceptibles de monter parfois assez haut dans le Permien, associées en de nombreux points avec des espèces permienues ou d'affinité permienne. Seules deux formes anciennes subsistent çà et là : *Asolanus camptotaenia* Wood et *Pecopteris dentata* Br. On remarquera, d'autre part, l'absence des Sigillaires cannelées encore nombreuses dans l'étage de St-Etienne. C'est pourquoi il semble bien que l'on doive ranger tous les gisements du bassin (exception faite, bien entendu, des couches permienues de Bert) dans le Stéphanien moyen ou supérieur.

Il ne faut pas en conclure à l'identité entre elles de toutes les for-

mations charbonneuses du bassin : des couches peuvent apparaître en-dessus ou en-dessous de veines connues, sans présenter par rapport à celles-ci de variations notables dans la flore. Nous reprendrons du reste ultérieurement cette question.

Le passage du Houiller au Permien dans la région de Montceau-les-Mines

J'ai indiqué plus haut que, mis à part quelques ravinements locaux, il n'existait aucune discontinuité entre les assises des Carrières (Stéphanien supérieur), de Perrecy (zone de passage autuno-stéphanienne) et du Bois du Verne (Autunien typique à *Callipteris*). Je crois utile de relater à ce propos quelques observations faites dans la région de Montceau-les-Mines complétant celles de P. Termier et G. Friedel à Perrecy.

L'assise du Bois du Verne affleure entre le bourg de même nom et le Magny. Aux Georgets, hameau voisin du Magny, quelques recherches furent effectuées sur des bancs de schistes bitumineux dans lesquels de nombreux débris de *Walchia* auraient été recueillis. Ces schistes présentent même direction et pendage que les bancs houillers situés à peu de distance au découvert du Magny.

Les travers bancs 330 du puits St Louis, 380 du puits St Eugénie, 425 du puits Jules Chagot, 427 du puits du Magny ont pénétré soit directement, soit après traversée d'une faille, dans des formations versicolores représentant l'assise de Perrecy, sans que l'on remarque un changement d'allure des bancs.

L'examen de quelques sondages est plus intéressant encore :

SONDAGE DE JOUX.

Examiné par M. Morer, ingénieur au B.R.G.G., le sondage montre jusqu'à 80 m une alternance de grès rouges, gris, de sable et de quelques bancs schisteux, qualifiés « Saxoniens ».

Après traversée probable d'une faille se placent, de 80 à 118 m, des grès avec bancs de schiste ; ces derniers renferment plusieurs échantillons de *Callipteris conferta* Sternb et *Taeniopteris multinervis* Weiss. ; ils appartiennent à l'assise du Bois de Verne.

De 118 à 170 m, leur succèdent des grès avec schistes verts et bruns.

De 170 à 274 m, des grès et conglomérats avec quelques bancs de schiste.

De 274 à 650 m, des grès avec bancs assez minces de schiste argileux vert ou brunâtre, rares fossiles. M. Morer note *Cordaites lingulatus* G.E., à 400 m, *Lesleya* à 492 m, *Neuropteris cordata* Br. à 560 m.

A partir de 650 m, la sonde pénètre dans des schistes noir brunâtre avec bancs d'arkose et de grès, et flore stéphanienne abondante : « *Sphenopteris matheti* Zeil., *Callipteridium pteridium* Schl., *Cordaites lingulatus* G. E., *Alethopteris grandini* Br., *Odontopteris reichi* Gutb., *O. minor* Br., *Neuropteris cordata* Br., etc ».

SONDAGE DE MONTMAILLOT n° 2.

Ce sondage fut examiné par MM. Royer et G. Friedel.

Jusqu'à 268 m, existe une flore à *Taeniopteris multinervis* Weiss., *Walchia* et *Callipteris conferta* Sternb. A 58 m se plaçait un banc de schistes bitumineux à écailles de poissons.

Entre 268 et 684 m ce sont des grès et schistes sans fossile. En dessous de 684 m enfin, furent recueillis d'assez nombreux échantillons stéphanien ; « *Callipteridium pteridium* Schl., *C. gigas* Gutb., *Odontopteris reichi* (serait selon P. Bertrand la forme *minor*), *Linopteris germari* Gieb, etc ».

SONDAGE DU BOIS DU VERNE.

M. Royer, qui fut chargé d'étudier ce sondage, classe les terrains comme « saxoniens » jusque 100 m.

De 100 à 148 m, on observerait un passage progressif au faciès « autunien ».

Entre 148 et 533 se succèdent grès, schistes, schistes bitumineux à *Callipteris conferta* Sternb., *Walchia piniformis* Schl., et quelques bois silicifiés.

De 533 à 608 m se placent des grès et schistes sans fossile notés « probablement autuniens par lithologie ».

En dessous de 608 m apparaîtrait le Stéphanien.

Dans tous ces sondages, les niveaux à *Callipteris* et ceux renfermant une flore nettement stéphanienne sont séparés par une zone peu riche en empreintes, où les caractères lithologiques eux-mêmes ne permettent pas de placer une limite précise.

LE PERMIEN.

Assise de Perrecy.

L'assise de Perrecy, caractérisée par l'apparition des *Taeniopteris multinervis* Weiss., de rares *Callipteris*, de schistes versicolores, n'est guère connue en dehors de la région de Montceau-les-Mines et de Perrecy. On doit peut-être lui rapporter quelques formations avec filets charbon-bonneux signalées par Delafond à Montchanin (22, p. 31) et classées par lui dans le « Saxonien inférieur » en raison de la présence de bancs colorés.

Assise du Bois du Verne.

Les principaux gisements de schistes permien à *Walchia* et *Callipteris* sont :

au dessus de l'assise de Perrecy à Montceau,
à Charmoy,
à l'étang des Martenets,
à Courmacou
au Buisson et au Puits, près de St-Romain-sous-Versigny,
à Vendenesse, dans la vallée de l'Arroux
à Bert.

D'autres, moins importants, existent çà et là, connus ou mis à jour lors de notre étude ; nous les signalerons en décrivant les coupes faites à travers le bassin.

La flore récoltée par Zeiller et Grand Eury

(les échantillons récoltés par nous prennent place dans cette liste.)

« *Pecopteris integra* Andrae, *P. grandifolia* Fontaine et White, *Callipteris conferta* Sternb., *C. naumanni* Gutbier, *C. raymondi* Zeil., *Alethopteris minuta* Zeil., *Mixoneura sucrenulata* Rost, *M. auriculata* Br., *Neuropteris Zeilleri* de Lima, *Taeniopteris multinervis* Weiss., *Cordaites platynervis* Goepp., *Walchia piniformis* Schl., *W. linearifolia* Goepp., *W. schneideri* Zeil., *W. hypnoides* Br., *W. imbricata* Schimper, *W. filiciformis* Schl. » etc.

Sans discuter de la réalité de certaines espèces qui ne sont peut-être que des formes particulières d'autres plus connues, nous remarquerons que peu de fossiles stéphanien subsistent, au contraire de ce que l'on voit dans les couches à *Callipteris* proches des assises houillères. Mais il faut considérer qu'ils proviennent presque tous des niveaux les plus élevés du Permien schisteux placés immédiatement sous le « Saxonien inférieur » de Delafond.

En s'élevant dans la série, les roches deviennent de plus en plus gréseuses. Ceci s'observe dans les sondages et, en affleurement, à Charmoy, Courmarcou, aux Martenets, etc. On aboutit à une assise entièrement gréseuse coupée, çà et là, de lits plus ou moins épais d'argile ou de schiste.

Assise de la Mouillelongue (Permien moyen).

L'Assise de la Mouillelongue du Permien moyen, correspondant au « Saxonien inférieur » de Delafond, est presque entièrement gréseuse, coupée seulement de quelques bancs de schiste et argile peu épais et souvent colorés. Il affleure assez largement au SE et à l'W de Charmoy, au N des Martenets, à Sanvignes, au S des Lavriots, dans la vallée de l'Arroux, etc.

Les grès sont souvent compacts, gris clair à éléments assez gros (les sondeurs les désignent comme « grès granitiques »). A Courmacou, à l'W de Charmoy, les niveaux de sable se voient au milieu de ces grès plutôt, semble-t-il, vers la base du Permien moyen. Rappelons qu'au sondage de Joux, entre 0 et 80 m, plusieurs bancs de sable furent traversés. M. Morer pense, avec raison, croyons-nous, que le sommet du sondage de Joux n'est plus dans le Permien inférieur, mais dans le « Saxonien » de Delafond.

Ces grès compacts, gris clair, occupent d'assez vaste superficies à Charmoy, Courmarcou, à Sanvignes, aux Martenets. Mais ailleurs, et surtout dans la moitié supérieure du Permien moyen, ils se chargent d'orthose et prennent alors une teinte rosée qui les fait souvent nommer « grès rouges » dans les sondages. (carières le long de la route de Blanzay à Montcenis).

Vers le sommet de cet étage permien moyen, on rencontre souvent des conglomérats, à ciment rubéfié (route de Blanzay à Montcenis, entre Montanloup et l'embranchement de Montchanin), à galets volumineux (S du Breuil, près Courmarcou), et des grès sableux arkosiques peu cohérents, violacés, qui annoncent le Permien supérieur (S de Montcenis).

Assise de Torcy (Permien supérieur).

C'est le « Saxonien supérieur » de Delafond, puissante accumulation de grès sableux rubanés rouges et blancs, qui paraissent même entièrement rubéfiés vers le sommet.

Aucune coupure n'apparaît dans cette série permienne ; on observe une évolution progressive d'une faciès houiller vers un autre de plus en plus détritique qui, lui-même, aboutit aux « grès rouges ».

Terrains secondaires

Les terrains secondaires recouvrent le primaire au NE du bassin, au SW de Perrecy et aux environs de St-Romain-sous-Versigny.

Les conglomérats du Trias inférieur reposent en discordance angulaire sur les diverses formations stéphanienues et permienues. Nous ne croyons pas utile de décrire les différentes roches secondaires ; le lecteur voudra bien se reporter, soit aux ouvrages spécialisés soit aux notices des cartes géologiques d'Autun, de Chalon, de Charolles.

STRUCTURE DES TERRAINS HOUILLERS

En raison de la largeur de la bande permienne qui occupe le centre du bassin, les coupes d'ensemble que nous décrirons plus loin ne permettent pas toujours de reporter à une échelle suffisante les travaux miniers. Aussi préférons-nous leur consacrer un chapitre particulier.

— REGION DE MONTCEAU-LES-MINES.

Sur le plan des exploitations de Montceau de la Pl. 6 apparaissent

immédiatement de grands accidents grossièrement parallèles à la bordure.

On connaît principalement :

la faille des *Piédroits* qui se prolonge par celle du Magny dont le rejet est de 200 m environ au puits Ste Marie (coupe 63 pl. 6), de 500 m au puits du Magny (coupe 64 pl. 6.).

La faille de *l'Est*, dont le rejet est moins bien connu, peu de travaux l'ayant franchie, mais qui, à l'examen de la coupe 62 de la pl. 6, se montre d'une importance au moins égale à celle des précédentes.

Les failles des *Essarts* et des *Porrots*, dans la région SW du gisement, jouent un rôle beaucoup plus modeste.

D'autres accidents analogues semblent exister au-delà de la faille de l'E dans la région du Bois du Verne ; on ne saurait, sans eux, expliquer autrement que par un pendage inhabituel (et que l'on observe pas) des terrains, les résultats des sondages de la Ferrières et du Bois du Verne, distants de 600 m, dont le premier débute dans le Houiller, le second dans le Permien moyen (coupe 62 pl. 6).

Ces failles font partie du système de grands effondrements que nous trouverons partout, dans le bassin de Blanzay, à peu de distance de la bordure, amenant rapidement à l'affleurement le Permien et généralement les grès rouges.

Les accidents transversaux, perpendiculaires à la bordure, sont, dans les travaux de Blanzay, nombreux mais peu importants ; les plus notables sont les failles de *Barrat* et de *l'Essertot*, dont le rejet ne dépasse guère 50 m.

A l'intérieur des compartiments délimités par les accidents longitudinaux, on constate :

d'une part, la présence de plis en général peu accusés ; sur la Pl. 6 sont figurées quelques lignes anticlinales ou synclinales.

d'autre part, un plongement des couches vers le SW, à l'intérieur d'un même compartiment : l'ensemble du gisement devient plus profond à mesure que l'on s'avance dans cette direction.

En résumé : la structure de la partie connue du Houiller de Montceau-les-Mines est assez simple. La présence de grands effondrements vers le NW en est le trait essentiel.

REGION DE PERRECY.

Le district des puits Perrecy 1 et 2 semble être la suite du gisement de Montceau, encore que le raccordement avec ce dernier soit actuellement difficile à faire.

La grande couche recoupée par le puits de Perrecy 2, les filets rencontrés par le travers banc réunissant les deux ouvrages au S de la faille (coupe 66 pl. 26) correspondant peut-être à des veines exploitées à Blanzay ou aux couches « du toit », ramenées vers le haut par la faille du Nord (coupe longitudinale 67 pl. 6) ; peut-être s'agit-il au contraire de néoformations. Quant aux deux couches du puits de Romagne, elles se classent donc dans l'assise de Perrecy à un niveau supérieur à celui des couches 1 à 6 de Montceau.

Un pli en synclinal E-W se voit à l'W du puits de Perrecy 2. La faille qui sépare les couches du puits de Perrecy 2 des couches de Romagne appartient sans doute au système des grands effondrements vers le NW observés à Montceau et que nous rencontrerons partout ailleurs. Cet accident est certainement antétriasique et son rejet doit être important, puisque les couches de Romagne sont nettement plus récentes que celles du puits Perrecy n° 2 ; mais il a joué au Tertiaire avec un rejet inverse, quoique avec une amplitude plus réduite, ainsi que le montre le tracé des terrains de couverture secondaires sur la coupe 66.

REGION DE MONTCHANIN ET LONGPENDU.

La structure des gisements de Montchanin et Longpendu est plus complexe. Un effondrement important nommé *faille médiane*, orienté sensiblement SW-NE, les traverse. A Longpendu se voit, aux environs des puits Ste Barbe, un ensemble de sept couches qui, d'abord régulièrement inclinées vers le NW, se redressent brutalement et forment un anticlinal déversé au SE, anticlinal dont la direction fait un angle assez faible par rapport à celle de la faille médiane (coupes 78 à 80 pl. 6). Sur la coupe 79, le flanc NW du pli est en partie coupé par cet accident ; il l'est totalement sur la coupe 78 ; au delà, l'ensemble de ce pli se trouve effondré au NW de la faille médiane.

A l'extrémité SW du gisement de Longpendu, les veines s'épaississent irrégulièrement et passent à des amas. Cette disposition en amas devient la règle dans le district de Montchanin, ceux-ci se trouvent au NW de la faille médiane, alors que les couches de Longpendu étaient exploitées au SE de l'accident. Cela s'explique en tenant compte qu'à Longpendu, le faisceau charbonneux se rapproche de la surface lorsqu'on avance du NE au SW ; il arrive ainsi à se trouver complètement érodé à Montchanin dans le compartiment S de la faille médiane, et conservé seulement dans le compartiment N (non exploité, parce que trop profond, à Longpendu). Dans les amas de Montchanin se dessinent, tant sur les coupes 68 à 73 que sur d'autres que nous n'avons pu reproduire faute de place, des plis accusés ; suite probable de l'anticlinal visible dans la partie NE des mines de Longpendu, passé dans le compartiment N de la faille médiane.

Nous pensons que cette disposition en amas des dépôts charbonneux n'est pas originelle, mais résulte d'efforts tectoniques violents provoquant un fluage de la houille. Des phénomènes analogues s'observent en effet dans les Alpes, aux mines d'Aime, par exemple ; le combustible est là réparti en chapelets dont les lentilles réunies entre elles par un filet de quelques décimètres, se localisent au sommet ou sur le flanc normal des anticlinaux.

A l'extrémité SW, les amas de Montchanin paraissent reprendre une allure légèrement plus régulière.

En résumé : le gisement de Montchanin-Longpendu est caractérisé :

- par la présence d'un anticlinal dû à des efforts tectoniques intenses ayant, d'autre part, provoqué un fluage de la houille qui se dispose en amas ;
- par celle d'un accident à grand rejet dans les terrains houillers, effondrant ces terrains vers le NW et coupant le pli précédant sous un angle assez aigu.

Le Permien affleure à Longpendu à peu de distance des exploitations, à la faveur d'une faille normale grossièrement parallèle à la faille médiane et à la bordure. A Montchanin, sa limite est figurée sur les coupes par une ligne incurvée concave vers le SE. Nous étudierons ultérieurement les relations entre Houiller et Permien à Montchanin (voir p. 117).

REGION DE ST-BERAIN.

Les faisceaux charbonneux montrent, à St Bérain, une disposition assez régulière. On note un anticlinal de la Gagère au puits de la Giraudière et trois accidents longitudinaux principaux qui compartimentent le gisement ; l'un d'eux paraît limiter en surface les terrains permien. En outre, les coupes 81 à 84 de la pl. 6 mettent en évidence un grand nombre de failles d'importance plus réduite.

REGION DU CREUSOT.

Les couches exploitées au Creusot sont violemment plissées, irrégulières, renflées en amas par endroits, réduites ailleurs à un filet de charbon. En quelques points le socle dinantien ou granitique serait déversé sur le Houiller (voir pl. 7).

Sur les plans et les coupes de Delafond (22, atlas, pl. V) sont figurés un certain nombre d'anticlinaux et de synclinaux orientés E-W dans la partie occidentale du

gisement, s'infléchissant au SE dans la partie orientale. Une grande faille fait affleurer les grès rouges au S du golfe du Creusot.

REGION DE GRANDCHAMPS.

Comme celui du Creusot, le gîte de Grandchamps est un lambeau stéphanien dessinant un petit golfe au milieu du granite. Les couches (22, p. 103, fig. 22) s'y montrent également plissées, localement renflées en amas, un peu moins irrégulières cependant qu'au Creusot.

REGION DE BERT.

La coupe 85 par les travaux de Bert (Pl. 7) montre un ensemble de deux faisceaux charbonneux régulièrement pentés vers le N, coupés de quelques failles peu importantes, limités par contre à un grand accident qui effondre les terrains vers le NW et fait affleurer les grès rouges. Un sondage, à 300 m de cet accident, serait resté sur 500 m dans les grès rouges et arrêté à cette profondeur, ce qui permet de préjuger de l'ampleur du rejet.

En résumé :

a) partout l'on observe sur les deux bords du bassin, des failles importantes parallèles à la bordure ; souvent elles mettent en contact aux affleurements Houiller et grès rouges.

b) La tectonique des gisements houillers reconnus est en général assez simple ; les couches plongent, dans l'ensemble, vers le centre du bassin tout en présentant quelques ondulations synclinales ou anticlinales. Quelquefois cependant, des efforts plus violents conduisent à la formation de plis accusés et souvent déversés dans lesquels la houille a flué et s'est rassemblée en amas.

Les axes des plis font en général un angle de 10° à 20° avec la direction des grands accidents longitudinaux.

ETUDE DES DIFFERENTES REGIONS DU BASSIN. COUPES GEOLOGIQUES

La carte de la Pl. 2 représente l'ensemble du bassin de Blanzay depuis Couches les Mines jusqu'à la vallée de la Loire, à l'exception du gisement de Bert placé au SW du fleuve. On remarquera immédiatement que les terrains houillers et permien affleurent largement au N de la ligne Montceau-les-Mines-Gueugnon. Au S de celle-ci, ils se trouvent en grande partie masqués, soit par le Secondaire sur la rive gauche de l'Arroux, soit par le Pliocène sur la rive droite. Aussi accorderons-nous plus d'attention à la région NE du bassin de Blanzay qui se trouve être également la mieux connue par les travaux.

REGION A L'E DU BREUIL

Au SE se placent les gisements de St-Bérain et de Longpendu, affectés d'accidents longitudinaux qui sont des effondrements vers le NW, et de quelques plis parmi lesquels l'anticlinal de Longpendu, déversé au NW, est particulièrement remarquable

Le Permien affleure au NW du Houiller, en contact par faille avec

le Stéphanien ; il est en général représenté par des grès rouges, sauf à Longpendu. Le Permien supérieur se trouve occuper presque toute la surface jusqu'à une autre faille longitudinale, la faille de Breuil et de Chapitre, qui fait affleurer une étroite bande arkosique de l'étage moyen vers le Breuil. Puis ce sont à nouveau les grès rouges et blancs que l'on observe jusqu'à la faille des Bonnardes, au NW de laquelle réapparaît le Permien moyen ; l'accident-limite N du bassin le juxtapose aux granites d'Auxin.

Sauf au voisinage des plis de Longpendu, le pendage des assises permien-nes est en général assez régulier. Un synclinal se dessine de Vernizy au Bouchat.

Les formations secondaires se développent au NE de Perreuil, discordantes sur le Primaire. Elles semblent peu affectées par les accidents à grand rejet visibles dans les niveaux stéphanien- ou permien-.

LA COUPE 47 par La Motte, Chapitre et Replibert montre la structure du bassin à l'E du Breuil : elle traverse au S la partie occidentale du gisement de St-Bérain qui, plus au NE, se trouvait en contact par faille avec les grès rouges. Ceux-ci sont recouverts par les alluvions de la Dheune, puis par des formations secondaires qui se poursuivent, sous une inclinaison très faible, jusqu'au N de Chapitre, limitées là par une faille orientée NE-SW que nous nommerons faille de Chapitre. Le Permien supérieur apparaît dans le chemin de Chapitre à Replibert, dirigé N 55° E et incliné à 15° vers le SE. On l'aperçoit à nouveau en trois autres points avec des pendages comparables sur 1 km, en se dirigeant vers le N sur le même chemin. 200 m avant l'embranchement de la Fosse affleurent des arkoses blanches à faciès permien moyen ; dont les bancs, orientés N 22° E sont toujours inclinés au SE, sous 25°-30°. Entre les deux niveaux permien- se place vraisemblablement un accident dont l'existence devient certaine plus à l'W (coupe 48), la faille des Bonnardes.

Un accident beaucoup plus important sépare enfin les arkoses des gneiss granulitiques de la bordure. Le rejet de cette faille qui se poursuit jusqu'à Toulon-sur-Arroux, est évidemment considérable dans les terrains primaires, comme le montre immédiatement la carte. Mais il semble, au contraire, beaucoup plus faible dans le Secondaire, vers Origny ; il serait même nul à l'E d'Auxin. Il s'agirait donc là de dislocations antétriasiques ayant faiblement rejoué par la suite.

Les trois coupes suivantes se placent au SW de la précédente et n'en diffèrent qu'assez peu.

Coupe 48 par la Dheune, Essertenne, le Musseau, Auxin.

Dans le talus de la voie ferrée se voit un affleurement de grès et schistes houilliers, à 300 m du passage à niveau du hameau de la Dheune, présentant un pendage de 15° NW. A l'extrémité N du hameau s'observent des grès rouges avec un pendage identique. Puis la coupe traverse un petit lambeau de Trias et, aux alentours d'Essertenne, les grès bariolés du Permien supérieur apparaissent en de nombreux points sous une inclinaison de 15° SE, sauf au voisinage de la ferme située sur la grand'route à 400 m à l'E des Tuileries, où une brusque augmentation de pendage annonce sans doute la faille de Chapitre. Un peu à l'W du croisement de la route Essertenne-le Musseau avec la route nationale, une carrière montre à nouveau une inclinaison de 15° SE dans les grès rouges, mais celle-ci tombe à 5°,

puis s'inverse au village du Musseau (direction N 65°, pendage 20° NE). Sur le chemin du Musseau et Auxin, les grès rouges sont encore visibles, mais plus loin apparaissent les arkoses, ramenées en surface par la faille des Bonnardes. Enfin l'accident-limite N du bassin les met en contact avec les granites d'Auxin.

— *Coupe 49 par les Quatre-Vents, les Tâches.*

La nature boisée et marécageuse du sol ne permet que peu d'observations sur le Houiller, qui ne doit guère différer de celui de la Dheune. Les grès rouges et blancs apparaissent à la ferme des Quatre-Vents avec un pendage de 15° NW. Peu d'affleurement ensuite jusqu'aux Tâches. Mais le Permien se montre tout le long du petit chemin allant de ce hameau à la route nationale. Aux Tâches, ce sont des arkoses blanches ; puis en se dirigeant vers le N, des arkoses à ciment rubéfié ; enfin les grès bariolés. Le pendage, vers le NW, augmente à mesure que l'on approche des Tâches où il atteint 45°, signe de la présence d'une flexure ou d'une faille au S du hameau. Aux Paquelins, le pendage des grès rouges est de 12° NW ; en haut du village des Bonnardes, de 10° SE. Enfin, en suivant le chemin forestier de la route nationale au hameau des Couchets, on voit au bout de 500 m environ les arkoses blanches qui forment l'ossature des hauteurs dominant la route du Creusot à Chalon, dans lesquelles furent ouvertes de nombreuses carrières ; ces arkoses plongent au NW sous 25°. Le contact avec les grès rouges ne peut s'expliquer que par une faille. Au delà, ce sont les granites des Couchets.

— *Coupe 50 par Vernizy, Beaugarde.*

Le tracé de la coupe avoisine le puits Ste-Barbe de Longpendu (voir coupes 79 et 80, pl. 6) ; l'anticlinal de Longpendu, déversé au SE, est en partie coupé par la faille médiane (voir p. 114). Un autre accident longitudinal fait affleurer le Permien à très peu de distance ; il paraît même confondu avec la faille médiane dans la partie N du gisement de Longpendu. Les grès rouges n'apparaissent plus ici au contact du Stéphanién. La coupe du puits Ste-Barbe de Montchanin donnée par Delafond (22, fasc. 1, p. 31) relate la présence de bancs épais de schistes noirs et de grès que nous classerons à la base du Permien (assise de Perrecy), en raison des bancs de schistes vert intercalés. Les grès rouges et blancs ne se montrent qu'à quelque distance du Houiller. Ils présentent aux Morins, au S de Vernizy, un pendage de 15° NW. Au N de Vernizy, sur la route du Breuil, ce pendage s'inverse et prend une valeur de 5 à 10° SE. Au pied de la colline du Breuil, dans le talus de la route, apparaissent les arkoses blanches, que l'on aperçoit également sur le chemin du Vernay au Lavrault, à 400 m ESE du Vernay, faiblement inclinées au NW. Non loin, près de la cote 358, sur la route des Coutot, se voient des grès rouges très inclinés. Entre les deux points précédents passe donc un accident jalonné par des pendages très redressés : la faille du Breuil, qui n'est peut-être que le prolongement de celle de Chapitre, (voir coupe 47). On suit les grès et sables gréseux rouges sur les côtés de la route en se dirigeant vers les Coutots. Entre les Paynes et Beaugarde, près du croisement du chemin des Coutots, ceux-ci présentent une inclinaison de 20° NW ; puis de 25° NW au S de Beaugarde sur le chemin de Beaugarde aux Coutots. On les observe encore, subhorizontaux, à peu de distance des arkoses blanches, à 500 m au S des Paynes sur la route des Paynes au Breuil.

Sur la route nationale du Creusot à Chalon, sont des grès rouges inclinés 30° N : en continuant vers le Creusot, sous la cote 448, les bancs se redressent fortement. Surmontant la route nationale apparaissent enfin des arkoses massives rosées et dures exploitées en carrière ; le pendage mesuré est là de 25° NW. Entre les grès rouges et les arkoses se place donc une faille : celle des Bonnardes.

Au N, les arkoses sont bordées par les granites.

Les relations entre Houiller et Permien à Longpendu et Montchanin.

Nous savons qu'à Longpendu et Montchanin le Houiller est plissé en anticlinal déversé au SE (p. 114), anticlinal coupé en oblique, sous un angle faible, par la faille médiane et par les accidents parallèles à celle-ci. Ce pli peut-il être retrouvé dans les niveaux permien ?

a) A Longpendu, la comparaison des coupes 76 à 80 (pl. 6) montre que le pli doit se placer, au puits de Ste Barbe de Montchanin, entièrement dans le compartiment NW de la faille médiane. Le fait de trouver dans cet ouvrage des terrains permien inférieurs alors que, précédemment, les grès rouges bordaient régulièrement le Houiller, laisse penser que les niveaux permien ont été remontés par un mouvement du sol qui, logiquement, doit être l'anticlinal de Longpendu.

b) Des observations plus précises peuvent être faites au NE du gisement de Montchanin. En se dirigeant de Torcy vers la gare de Montchanin, on voit tout d'abord les grès rouges affleurer le long de la route, faiblement pentés. A la hauteur du Thiellay se trouvent d'anciennes carrières; là, le Permien se redresse brutalement, formant un anticlinal accusé au centre duquel s'observent des bancs d'arkose de l'étage moyen; la structure de l'ensemble apparaît identique à celle du Houiller tel que le montrent les coupes 72 et 74 (pl. 6) avec déversements locaux vers le SE.

c) Delafond (22, fasc. 1, p. 70, fig 13) donne une coupe géologique détaillée des puits St Vincent, Quélet et de Ségur, et trace la limite supposée des grès rouges et du Houiller. Nous avons reproduit cette coupe sur la planche 5 et indiqué une nouvelle interprétation (compte tenu du fait que le terme « terrain rouge » est assez vague, souvent employé par les anciens exploitants pour désigner des grès à orthose).

d) Le même auteur (22, fasc. 1, p. 70, fig. 12) figure également la coupe du puits Soret, au fond duquel se placent des « grès et schistes rouges » dont les bancs suivent le mouvement des bancs houillers qui leur sont superposés grâce à un déversement.

Il apparaît donc que le pli de Longpendu-Montchanin affecte également le Stéphien et l'ensemble du Permien; il s'agit donc d'un mouvement postpermien, disloqué par des accidents longitudinaux dont certains sont peut-être contemporains du pli, d'autres postérieurs à lui.

Entre les gisements de Longpendu et de Montchanin se place enfin un accident transversal N-S., la faille des Lavriots, effondrant les terrains vers l'W, qui serait à l'origine de l'inflexion marquée par la faille médiane et autres accidents longitudinaux entre Montchanin et Longpendu.

REGION A L'W DU BREUIL ET A L'E D'UNE LIGNE CHARMOY-LA-VILLE - LES BIZOTS.

Cette région est séparée de la précédente par un accident N-S passant par les Lavriots, le Breuil, et non loin de la station de Montchanin. Contrairement aux indications de la carte géologique, la région au NE du Breuil est en effet entièrement occupée par les grès rouges, que l'on aperçoit, sensiblement horizontaux, en plusieurs points sur la route du Creusot à Chalon, depuis le Creusot jusqu'à l'embranchement des Lavriots. Ils existent également aux Roblots. Enfin sur la lisière S, les affleurements du Permien inférieur sont beaucoup moins larges à l'W de la station de Montchanin que dans le district de Longpendu. Il faut donc placer entre les Lavriots, le Breuil et la gare de Montchanin une faille NS à regard W.

Au SE se placent les gisements de Montchanin déjà décrits (voir page 114); nous savons qu'à la suite de plissements violents, la houille a flué et s'y est rassemblée en amas et que l'on retrouve à Montchanin, tant dans le Houiller que dans le Permien, la suite de l'anticlinal de Longpendu.

La dépression permienne est, à l'E du méridien du Creusot, entiè-

rement occupée par les grès rouges dont l'épaisseur est considérable, ainsi que l'ont montré les anciens sondages de Torcy et de la Mouillelongue. A l'W de ce méridien, on voit, au contraire, le Permien moyen dessiner un dôme dont les schistes de la Cruzille occupent le centre. Ce dôme représenterait le prolongement de la zone anticlinal du Breuil, tandis que le synclinal de Vernizy se retrouve au S des Bizots.

L'étude de la partie centrale du bassin montre l'existence de deux grandes failles longitudinales, les failles de Sanvignes et des Martenets. La première passerait non loin des Bourreliers, la seconde au voisinage du vieux château de Montcenis. Mais en raison de l'homogénéité des terrains à l'E de Montcenis, où les grès rouges seuls affleurent, ces dislocations deviennent difficiles à suivre. Il est possible qu'elles se trouvent en relation avec celles que nous avons observées à l'E du Breuil (failles des Bonnardes et du Breuil). Il se pourrait aussi que la plus septentrionale (faille des Martenets) soit responsable de l'élargissement brusque de l'affleurement houiller du Creusot par une descente des terrains.

LA COUPE 51 relie les districts de Montchanin et du Creusot par les anciens sondages de Torcy et la Mouillelongue : elle traverse la partie NE du gisement de Montchanin qui présente ici la structure en amas. Les grès rouges occupent ensuite toute la surface jusqu'au Creusot, à l'exception d'une bande très étroite au N de Montchanin. Nous rencontrons, à Torcy et à la Mouillelongue, deux anciens sondages des mines du Creusot :

Celui de Torcy est resté dans les grès rubanés rouges et blancs, où il fut arrêté à 495 m de profondeur ;

Celui de la Mouillelongue recoupe tout d'abord les grès rubanés du Permien supérieur sur 371 m ; puis l'on passe brusquement à une formation en majeure partie gréseuse, coupée de lits de schistes. Ce passage se fait probablement par faille, le sondage de la Mouillelongue se trouvant sur le prolongement de la faille du Breuil. Les bancs schisteux paraissent prendre de l'importance vers le bas ; à 861 m, la sonde pénètre dans une forte épaisseur de schiste (59 m) où elle s'arrête à 920 m. Delafond (22 fasc. 1, p. 26-27) plaçait à 837 m la limite du « Saxonien », les terrains inférieurs représentant « l'Autunien ». Il est regrettable que l'on ne possède que fort peu de renseignements sur la flore recueillie (*Annularia* et *Pecopteris arborescens* ? à 775 m). Nous croyons devoir attribuer au Permien moyen (assise de la Mouillelongue) les assises placées entre 371 et 800 m environ ; au-delà, les schistes se développant et les grès devenant moins grossiers, on entre progressivement dans le Permien inférieur, les 60 derniers mètres, entre 860 et 920 m, représentant l'analogue des grosses séries schisteuses à *Walchia* de Charmoy, des Martenets et autres gisements types de l'étage inférieur.

Au Creusot même, un affleurement de grès rouges situé à 200 m au N de la route de Chalon et à l'E des voies ferrées de l'usine Schneider montre un pendage de 10° NW. Au delà de l'accident-limite N, le Houiller forme le gisement du Creusot placé sur un socle dinantien.

— Coupe 52. — *Les Mésarmes-Périgas-vieux château de Montcenis.*

La coupe 68 (pl. 6) par le puits des Mésarmes nous renseigne sur la structure du Houiller de la bordure S, sur laquelle nous n'insisterons plus. A quelques

centaines de mètres de la limite Houiller-Permien se voient des grès rouges à faible pendage : 5° NW seulement au croisement de la route des Marmots et du chemin des Sarraïnes. Peu d'observations jusqu'aux Bourreliers, où l'on voit apparaître des sables gréseux rouges et verts avec un pendage de 30° NW ; ces mêmes sables sont visibles à Bois Autot à 800 m plus au N et sont là inclinés de 5 à 10 ° SE.

Nous verrons plus loin (p. 122) qu'une ligne de dislocation longitudinale passe non loin des Bourreliers, relevant les terrains au N. Les grès rubanés rouges et verts semblent appartenir à une zone de passage entre le Permien moyen et supérieur ; ils affleueraient ainsi à la faveur de l'accident.

A 300 m de Périgas sont des arkoses rouges dont la direction est voisine de N 65° E et le pendage de 30° N. A Petit Périgas, à l'entrée du chemin de la Creuse, des grès rouges et blancs présentent une inclinaison de 15° N ; 800 m plus au N sur le même chemin, celle-ci est de 20° N, et de 8° N aux environs de la Creuse.

Un autre accident longitudinal, effondrant les terrains au S, passe probablement non loin du vieux château de Montcenis, où Delafond signale des arkoses « légèrement rougeâtres » exploitées en carrière (22 fasc. 1, p. 28). Aux environs de Montcenis, vers la cote 387, les grès rouges plongent au SE. Au delà, l'accident limite N les sépare du Dinantien.

Coupe 53, Les Mésarmes-Charmoy la ville.

Cette coupe, au SE, diffère peu de la précédente. A 800 m au SE du cimetière des Bizots se place un accident qui se relie à la faille de Sanvignes et au-delà duquel apparaît le Permien moyen. Dans une carrière, près du carrefour de la route de Montcenis aux Bizots, à 800 m au SE du carrefour de la route nationale, on aperçoit des arkoses blanches orientées NW, inclinées à 20° NE. Près des Machurons, sur la route Montceau-Montcenis, les arkoses blanches sont dirigées N 65° E et inclinées à 30° N. Aux Garchères, sur la même route, on voit toujours des arkoses blanches, mais le pendage est difficile à mesurer ; 500 m plus au NE, il est de 22° NW. Ainsi se dessine un anticlinal ; au centre de ce dernier, sur le chemin de la Cruzille, affleurent des schistes foncés qui représentent le Permien inférieur.

Les grès rouges reparaissent au NW sur la route de Charmoy à Charmoy-la-Ville, avec une inclinaison de 20° N, ainsi que près de Charmoy-la-Ville sur la route d'Aigrefeuille, où leur pendage est de 15 à 20° NW. A la Tour du Bost, plus à l'E, ce pendage s'inverse et devient 22° SE.

REGION COMPRISE ENTRE UNE LIGNE CHARMOY-LA-VILLE-LES BIZOTS ET UNE LIGNE LES CHAPEYS-LE GRATOUX.

L'accident des Bizots.

Nous avons vu affleurer le Permien inférieur à l'W de la Cruzille. Or, à 300 m de ce hameau, on rencontre brusquement des grès rubanés rouges et blancs, qui appartiennent au moins à la base de l'assise de Torcy et dont le pendage est le même que celui des schistes. On voit également les grès rouges à 400 m au S de la Cruzille ; au Bizots, au milieu du village, alors que sur la route des Bizots aux Goudards c'est le Permien moyen qui affleure. A la ferme de Montfaucon, plus au N, se trouve encore un petit lambeau de grès rouge. Il existe donc un accident de direction N 70° W - S 70° E passant par Montfaucon, les Bizots, le sud des Mésarmes, où il limite probablement l'exploitation de Montchanin. Nous le nommerons *faille des Bizots*.

Au SE, le Houiller de la région du Gratoux, avec d'anciens travaux qui paraissent avoir mis en évidence un anticlinal.

Dans la dépression permienne, un dôme étendu de schistes à *Walchia*, entouré d'arkoses du Permien moyen, puis de grès rouges.

L'ensemble est compris entre les failles des Bizots et de Charmoy. Les deux accidents longitudinaux de Sanvignes et des Martenets sont assez peu visibles.

Au NW enfin, les grès rouges sont en contact, par l'accident-limite N, avec le granite.

COUPE 54 par la Croix des Mares et Charmoy.

Peu de renseignements sur le Houiller de la bordure S, où le Pliocène masque en partie les affleurements et qui n'a fait l'objet que de quelques très anciennes recherches au Gratoux. Une coupe du puits et du travers banc du Gratoux, reproduite par Delafond (22 atlas, pl. 8) montre la présence d'un anticlinal dans le Carbonifère.

Immédiatement au N du puits du Gratoux, les failles longitudinales effondrent assez rapidement les terrains vers le NW et font affleurer les grès rouges. Peu de points remarquables cependant jusqu'à la faille de Sanvignes qui doit passer à 600 m au S des Bizots. Aux carrières des Theurots, les schistes à débris de *Walchia* affleurent largement avec un pendage de 20° NE. On les retrouve au S de Charmoy. Ils sont particulièrement bien visibles, avec intercalations calcaires, dans le chemin allant de l'église de Charmoy à la route de Montcenis, inclinés à 20° NE. Ils affleurent également à 1 km à l'W de Charmoy sur la route d'Aigrefeuille ; ils sont ici orientés N 70° E - S 70° W, leur pendage est de 30° N. Partout ces schistes renferment des débris de *Walchia*, de *Callipteris* et de *Taeniopteris*. Ils forment, entourés par les arkoses visibles entre la Gaieté et les Machurons, un anticlinal qui fait suite à celui de la Cruzille, anticlinal qui se trouve lui-même coupé à l'W par la faille de Charmoy.

Au NW, vers les Chapeys, s'observent des grès rouges avec un pendage de 25° N. Entre Charmoy et les Chapeys, les arkoses blanches sont masquées en grande partie par les bois et les taillis. Elles sont cependant présentes, car on les retrouve entre Charmoy et la Molière.

REGION COMPRISE ENTRE UNE LIGNE LES CHAPEYS-LE GRATOUX ET UNE LIGNE MONTCHEVRIER-LE SARRA-LES SAUGES.

— La faille de Charmoy.

Dans la région de Charmoy, nous venons de voir les schistes à *Walchia* de l'étage inférieur se développer largement au NE de la ligne les Chapeys - le Gratoux : au SW au contraire, les grès rouges apparaissent sans transition sur la cote 363 et vers les Ruaux ; plus au S, le chemin qui monte aux Carres montre un contact par faille entre arkoses et grès rouges tandis que la partie septentrionale de ce chemin près de la Gaieté, se trouve dans l'étage moyen ou inférieur ; un sondage fait à 400 m au S de la ferme de la Gaieté s'est arrêté à 393 m dans les grès rubanés. Ceci ne peut s'expliquer que par une faille importante, orientée N 70° W - S 70° E, effondrant les terrains vers le SW ; nous la nommerons faille de Charmoy.

Dans le Houiller de la bordure S se voit un anticlinal qui paraît s'amortir du NE au SW. Les grès rouges semblent être, en surface, en contact avec le Houiller de Blanzay par l'effet des grands effondrements

longitudinaux déjà signalés. (voir p. 116). Au N de la faille de Sanvignes, existe probablement une boutonnière de Permien moyen ou inférieur. Ces niveaux sont par contre largement développés au N de l'accident des Martenets, où se voit un dôme de schistes à *Walchia* entouré d'arkoses de l'étage moyen, structure analogue à celle de la région de Charmoy.

COUPE 55 par Montanloup, Les Piffauts.

Dans le Houiller de la bordure S se trouvent les anciens travaux du Ragny, depuis longtemps abandonnés. Les plans figurés par Delafond (22 atlas pl. 8) mettent, ici encore, un anticlinal en évidence dans le Houiller.

Les grès rouges apparaissent au NW de Blanzay vers Petit Rompois, où l'on observe des sables gréseux uniformément rouges, dans lesquels aucun pendage n'est mesurable, et qui subsistent jusqu'à Montanloup. Au N de la ferme du Sauvage, à 1 km au SW de Montanloup, se trouve dans un champ une argile noire qui paraît bien être un schiste décomposé; continuant vers le NE, on rencontre des arkoses, puis à nouveau les grès rouges.

Il est possible que le Permien moyen affleure sur 2 à 300 m le long de la route de Blanzay à Montcenis, vers la bifurcation de Montanloup : mais en se dirigeant vers Montcenis, on retrouve rapidement les grès rouges à 300 m de cette bifurcation ; 1 km plus au N, des arkoses à ciment rouge (passage entre les assises de la Mouillelongue et de Torcy) affleurent dans un près au sommet d'une petite colline non loin de la route, paraissant inclinées au NW. Enfin, au S du croisement avec la route de la Croix des Mares, deux belles coupes se montrent dans des sables gréseux rouges et blancs, orientés N 35-45° E - S 35-45° W, avec un pendage de 25 à 30° SW.

Signalons encore, sur la route de la Croix des Mares, sous la cote 356, des arkoses grossières jaunâtres. L'apparition d'une bande de Permien moyen ou inférieur est en relation avec la faille de Sanvignes qui passe à Montanloup et au S de la ferme du Sauvage.

La coupe reste ensuite dans les grès rouges jusqu'aux Piffauts ; au N de cette localité, elle franchit la faille des Martenets. Puis, jusqu'à la Molière, toute la contrée est envahie par les arkoses massives du Permien moyen qui sont visibles au Breuil (ne pas confondre avec le village de même nom au S du Creusot), à la Valotte, à la Molière ; dans ces deux dernières localités, elles renferment des conglomérats avec galets d'assez forte dimension. Le pendage est toujours dirigé vers le N ; il est faible vers la Molière. Enfin, entre les Ségauls et les Chapeys, on retrouve les grès rouges inclinés à 25° NW, séparés du granite par l'accident-limite du bassin.

Coupe 58, par Sanvignes et la Faye.

Elle ne diffère qu'assez peu de la précédente dans sa moitié S. Elle recoupe l'extrémité orientale des travaux de Montceau, pas très loin du puits St-Claude ; un anticlinal est toujours visible dans le Houiller, quoique moins accusé qu'au Gratoux et même au Ragny. Nous rencontrons au SE de Poisson la faille de Sanvignes, après avoir passé la faille de l'E et les accidents connexes, non figurés sur la carte au 1/50.000, mais visibles sur le plan des travaux de Montceau de la

pl. 6. Au N de la faille de Sanvignes se place probablement un lambeau de l'étage inférieur ou moyen, figuré par continuité avec la précédente coupe, mais inobservable sur le terrain.

L'accident des Martenets se trouve franchi vers la Sarra et, au SW de Courmarcou, les schistes à *Walchia* apparaissent dans l'ancien chemin qui conduit au village avec un pendage de 30° E. Cet affleurement présente un certain intérêt, car on voit les arkoses de l'étage moyen l'entourer en demi-cercle ; sur la nouvelle route, dans le vallon, elles se montrent en carrière, inclinées à 30° E, coupées de minces lits schisteux ; un peu plus au N, toujours sur le même chemin, leur direction est N 25° W, leur pendage 45° NE ; à l'entrée du village, les bancs obliquent vers l'W et sont orientés N 65° W (pendage 25° N). Enfin, près de la Loge, ces arkoses présentent une inclinaison au N de 30°. On voit se dessiner, comme à Charmoy, un anticlinal dont le centre est occupé par l'étage inférieur. Les grès rouges reparaissent au N vers les Denis et persistent jusqu'à Fresse, bordés par les granites et offrant un pendage général NW.

REGION COMPRISE ENTRE UNE LIGNE MONTCHEVRIER-LA SARRA-LES SAUGES ET L'E DE ST-ROMAIN-SOUS-VERSIGNY.

La faille de Courmarcou.

Au SW de Courmarcou, vers Croix Gonnot et le château de la Coudraye, les schistes disparaissent, remplacés en surface par des arkoses de l'étage moyen, pour n'affleurer à nouveau qu'aux environs de Chapitre. L'anticlinal de Courmarcou, comme ceux de Charmoy et de la Cruzille, est donc coupé par une faille qui semble parallèle aux précédentes, c'est-à-dire orientée N 70° W. Cet accident se retrouverait au N de St Eugène, se manifestant par un redent de l'accident-limite N. Il existe peut-être également au S de Blanzy, où paraît se trouver une zone de dislocation.

Nous ne reviendrons pas sur la structure du Houiller de Montceau déjà exposée p. 112. L'assise du Bois du Verne affleure au N de celui-ci ses limites étant soit des limites d'érosion, soit un certain nombre d'accidents longitudinaux effondrant les terrains au NW et connus en partie dans le Stéphaniens. Au N de Montceau, c'est l'assise de la Mouillelongue, puis de Torcy, qui viennent au contact du Carbonifère par l'intermédiaire de ces failles.

L'étage permien supérieur rencontre l'étage inférieur et moyen au N de Montmaillot, de la vieille Verrerie et du Bois du Verne. Mais la faille de Sanvignes fait à nouveau affleurer une boutonnière d'arkoses qui forme la butte de Sanvignes, abrupte au SE, en pente douce au NW.

Entre les failles de Sanvignes et des Martenets, les grès rubanés occupent toute la surface, tandis qu'au NW du dernier de ces accidents se placent les schistes à *Walchia* de l'étang des Martenets et du Grenouillat, bordés au N par les arkoses du Permien moyen. Les grès rouges reparaissent vers Champs Chanoux.

Les anticlinaux, assez peu accusés, que l'on voit se dessiner dans le gisement de Montceau, paraissent se perdre vers le SW dans le Permien. L'anticlinal de Breuil - la Cruzille - Charmoy - Courmarcou se prolongerait au Chapitre. Entre Montceau et les Martenets une zone synclinale correspondrait à l'inversion de pendage signalée plus haut.

Ces plis longitudinaux semblent présenter une culmination du Magny à Sanvignes et aux Martenets.

Sur la COUPE 57, de Montceau-les-Mines au Crot Monial et Champs Chanoux, se voient les grands traits de la structure :

Le Houiller de la bordure S est ici bien connu, figuré sur la coupe 63 de la pl. 6. Le Permien y serait limité par la faille de l'Est et d'abord représenté par les niveaux inférieur et moyen. Les grès rouges se montrent sur la route Montceau à Ryan, à 200 m au S du carrefour du chemin allant de la vieille Verrerie au Bois du Verne, avec un pendage de 30° NW. A Ryan, la faille de Sanvignes fait à nouveau affleurer le Permien moyen, toujours incliné au NW. Puis les grès rouges le recouvrent jusqu'au Garreau, à la rencontre de l'accident des Martenets ; au N de cette faille s'observent les arkoses jaunes grossières des Cassiers, orientées N 65° W - S 65° E, inclinées à 30° au NE.

Au N des Cassiers se trouve, aux Replats, un lambeau de grès rouge incliné à 45° N. Ceci donne à penser que l'accident des Martenets serait dédoublé par une autre faille parallèle passant au N des Cassiers. Cette observation serait confirmée par la présence, plus au S, d'un autre petit lambeau de grès rouge.

Les bancs d'arkoses dures forment ensuite, comme l'avait remarqué Delafond (22 fasc. 1, p. 28), une série de coteaux et d'escarpements bordant au N la route de Toulon à Montcenis. Les grès rouges reparaissent au N de Crot Monial avec un pendage général NE, bordés toujours par l'accident-limite N et les granites.

Coupe 58, par Sanvignes et la Faye.

La coupe traverse le Houiller de Montceau non loin du puits Darcy et ne diffère guère dans cette région de la coupe 64 de la planche 6. La limite du Permien inférieur est dans cette partie du gisement soit une limite d'érosion, soit la faille du Magny. Le pendage des schistes bitumineux du Magny est de 30 à 40° NE. Un certain nombre d'autres accidents longitudinaux existent sans doute, mais ils sont mal connus.

Au bas de la butte sur laquelle est construit le village de Sanvignes s'étend une bande de grès rouges qui se termine en pointe vers le NE contre la faille de Sanvignes, s'élargissant au contraire au SW en direction du cimetière. Cette butte elle-même doit son relief aux arkoses dures du Permien moyen qui affleurent au N de l'accident de Sanvignes. Ces arkoses se prolongent en direction des Brosses. Vers Sanvignes-le Magny existe une culmination visible tant sur la carte (les grès rouges prennent de l'extension de part et d'autre), que sur la coupe longitudinale 67 de la Pl. 6.

Au NW de Sanvignes, les grès rubanés de l'étage permien supérieur occupent la surface jusqu'à la Faye ; immédiatement au N de ce hameau, l'accident des Martenets fait affleurer les schistes à *Walchia* au Grenouillat où leur direction est de N 25° W, leur pendage 35° NE. Aux Chaumes, ainsi qu'il a été dit à la page précédente, se voit un lambeau de sables gréseux rouges et blancs dont la présence serait en relation avec une faille parallèle à celle des Martenets.

Enfin, à la Praye, on retrouve des arkoses et des conglomérats à gros galets de granulite (signalés par Delafond, fasc. 1, p. 28) ; près du pont de la Folie, à 500 m au S de Champs Chanoux, des arkoses blanches ; à Champs Chanoux même, des sables et arkoses rouges avec galets, orientés N 70° E et inclinés à 35° N.

Coupe 59. — Les Grelins — les Martenets — Toulon-sur-Arroux.

Le Stéphanien de Montceau est ici masqué par le Trias pour, selon la carte géologique, reparaître aux Grelins grâce à une faille tertiaire placée dans le prolongement de celle de Perrecy. Au N de l'accident de Sanvignes émerge peut-être un lambeau de Permien moyen, recouvert par le Pliocène. Plus au N, la route de Sanvignes à Dompierre montre de beaux affleurements de grès rouges ; au carrefour avec la route de Perrecy, les sables gréseux rouges et blancs sont

inclinés à 40° NW. Aux Sapins, ce sont des arkoses rouges massives avec bancs de galets, inclinées 30° NW. Puis à nouveau des grès rubanés dont le pendage paraît aller en diminuant pour s'annuler dans un vallon à l'E. de Dompierre. Au N du hameau, à Chaumot, les grès rouges sont inclinés à 20° SE.

L'accident des Martenets passe légèrement au SE de Changy. Au NW de la faille se place le gisement de la digue de l'étang des Martenets; outre de nombreux débris de *Walchia*, Zeiller y signale « *Callipteris conferta* Sternb., *Mixo-neura subcrenulata* Rost ». Ces schistes à *Walchia* de l'étage permien inférieur sont en moyenne orientés N 35° E, inclinés à 30° N. Des arkoses blanches les surmontent, visibles sur le chemin allant de l'étang au château.

Coupe 66. — Par le puits de Perrecy n° 1.

Nous avons étudié plus haut le terrain houiller de Perrecy coupé entre les puits n° 1 et 2 par une faille longitudinale qui a joué, avec un rejet inverse, au Primaire et au Tertiaire (voir p. 113 et coupe 66, pl. 6). Au NW de Perrecy apparaissent assez rapidement des sables gréseux rouges monochromes, qui sont probablement d'un niveau assez élevé du Permien supérieur.

Aux environs de Grand Chardonnet, une bande de Trias occupe la faite des collines, limitée au N par une faille. Au delà, ce sont à nouveau les grès rouges. L'accident des Martenets semble amorti et relayé par un autre dont nous avons déjà signalé la présence plus à l'E dans les précédentes coupes. Ce dernier, que l'on peut nommer accident du Buisson, fait apparaître à l'W de ce village, des schistes à *Walchia* dans lesquels Zeiller signale une flore permienne, (75, fasc. 2, p. 232-235).

REGION A L'W DE ST-ROMAIN-SOUS-VERSIGNY.

Les alluvions pliocènes, les formations secondaires prennent à l'W de St-Romain de plus en plus d'importance; il est plus difficile de faire des observations continues et de coordonner les résultats. Aussi nous bornerons-nous, dans cette région, à décrire les gisements primaires les plus intéressants, sans faire de coupes d'ensemble qui, en de nombreux points, seraient trop incertaines.

On retrouve ici, en gros une style tectonique comparable à celui de la partie orientale du bassin; noyaux de schistes à *Walchia* entourés des arkoses du Permien moyen, elles-mêmes recouvertes en général normalement par les grès rouges vers le N, tandis que la faille des Martenets, relayée par celle du Buisson, et d'autres accidents tels que la faille du Curdin, met en contact sur une grande longueur le Permien supérieur avec les étages moyens ou inférieurs.

Vers Toulon-sur-Arroux paraît exister un anticlinal qui serait le prolongement de celui du Breuil, Charmoy et Courmarcou. Un second jalonnait les gisements du Puits, du Buisson, de Vendenesse.

Au SE de St-Romain, une faille sépare les grès rouges des terrains secondaires. Ces grès rouges sont bien visibles dans le nouveau chemin de Grand Chardonnet, faiblement inclinés au N. Un peu plus loin, à Petit Chardonnet, ils sont orientés NW et inclinés 20° NE.

En s'engageant dans le chemin allant à la ferme du Puits, après être passé devant une carrière ouverte dans les calcaires jurassiques puis après avoir franchi une faille séparant ces calcaires du Permien, on découvre un affleurement de grès rouges. Continuant toujours vers le Puits, 200 m avant la ferme, on voit apparaître les schistes à *Walchia* de l'étage inférieur, d'abord tourmentés, puis plus réguliers vers l'étang situé au N de la ferme; ils sont là dirigés N 65° E et inclinés à 25° SE. Un accident sépare donc ces schistes des grès rouges placés au S; vraisemblablement, le prolongement de la faille des Martenets. Une autre observation le confirme: à l'extrémité N du village de Marly, des arkoses blanches orientées N 55° W, inclinées à 45° NE, butent au S contre des grès rouges. Là encore, il s'agirait du prolongement de la faille des Martenets.

Sur la route de Marly à la petite Faye, dans les bois, s'observent en carrière des grès rouges dont les bancs sont dirigés N 65° W et possèdent un pendage de 25° vers le NE. A la petite Faye même apparaissent des arkoses.

Au Buisson, les grès rubanés affleurent ; à 600 m au S du hameau, le long de la route de St Romain, ils sont orientés N 15° E, inclinés à 35° E. Mais à 500 m au NW du Buisson, se trouve une carrière ouverte dans des schistes de direction N 22° W et de pendage 20° NE. On voit ici le même phénomène qu'à Courmacou et autres gisements du Permien inférieur ; dans les prés au N et au NE avons réussi à mesurer quelques directions et pendages :

N 57° W avec pendage de 22° E à 500 m au NE des schistes du Buisson ; N 65° E et pendage 20° N en face des Prots sur le chemin des Cupières au château de Villers ; E-W et pendage 22° N à 500 m à l'E des Cupières.

On voit à nouveau des grès rouges faiblement inclinés au N vers le château de Villers et sur le chemin de Dezy à Bousserin. Il semble exister dans cette région un léger pendage d'ensemble vers l'W. Les gîtes du Puits et du Buisson paraissent limités à l'W par des failles, mais dont il est difficile de déterminer la direction exacte. Signalons encore qu'entre Fréty et Dezy, près du ruisseau, apparaissent sur la rive S des schistes orientés N 22° W et inclinés 25° NE, tandis que la rive N est occupée par des arkoses blanches et violettes.

Si la forêt des Martenets est envahie en grande partie par les alluvions pliocènes et ne permet que peu d'observations, on sait que dans la région de Toulon se trouvent de nombreuses carrières d'arkoses. Les grès rouges reparaisent à Giverdey, dirigé N 80° W et inclinés à 45° vers le N.

A l'W de St-Romain, une faille sépare le Permien des terrains secondaires. Si l'on prolonge cette ligne jusqu'à St-Eugène, on constate une extension beaucoup plus grande des grès rouges à l'W de cette même ligne ; ils sont présents à Giverdey alors qu'au Pont de la Folie affleurent les arkoses blanches. Ils débutsent entre Dezy et Bousseron tandis qu'à l'E se voient les arkoses et schistes à *Walchia* des Martenets. D'où l'hypothèse d'une faille N-S ayant joué en sens contraire au Primaire et au Tertiaire, comme nous en avons déjà vu plusieurs exemples.

Si l'on suit la route de Toulon à Vernizy et Gueugnon, voici ce que l'on peut observer :

— près du passage à niveau du bois de Toulon, à la Grenouillère dans les bois entre la Grenouillère et Vernisy apparaissent des arkoses blanches et lie de vin qui sembleraient une zone de passage entre les étages Permien moyen et Permien supérieur. Notons que l'indication de la carte géologique marquant le Permien moyen à l'E de la Grenouillère et le Permien supérieur sur la colline dominant à l'E ce hameau, est inexacte ; on retrouve la même formation tout le long de la route de Chassemé au ruisseau de Veillerot jusqu'à la faille. A Vernisy apparaissent de puissantes falaises d'arkose massive, faciès fréquent dans l'étage moyen. Toutes ces formations sont dirigées NE à N 65° E. Le pendage est de 45° N à Vernisy. Plus au S, à Montigny, on observe les schistes inférieurs en contact avec des grès rouges, dirigés N 65° E et inclinés 25° N ; près de ce contact se trouvent des sources ; une faille doit donc se placer entre les deux formations, peut-être la même que celle qui borde le gisement du Puits et du Buisson.

Au SW de Montigny, les grès rouges affleurent, mais les arkoses blanches sont visibles à nouveau au NW de Bessy. A Vendennesse, les schistes à *Walchia* affleurent largement ; leur direction est NW, leur pendage 17° NE.

Toute la région au SW de Vendennesse est occupée par l'étage inférieur ou moyen. Des puits de recherches furent foncés sur la cote 350 à l'W de Vendennesse. Les arkoses se montrent en bancs massifs au moulin de Valette et semblent dessiner là un petit synclinal. Plus au SW, les schistes ont donné lieu aux recherches de Cortailloux.

Les restes d'une ancienne mine de zinc subsistent encore au SW du Crot, le long de la route Gueugnon-Chalmoux ; ils montrent des affleurements de schistes charbonneux orientés NE et inclinés 30° SE ; en continuant vers Chalmoux, on aperçoit de gros bancs d'arkoses massives, puis, au débouché de l'ancienne route de Curdin, des arkoses blanches et lie de vin.

A S du Crot, les grès rouges reparaisent brusquement ; ils sont encore visibles sur la route de la Chapelle de mars, orientés N 30° E et inclinés 17° NW ;

également au S de Mercuillé où leur direction devient N 40° E, leur pendage 10° SW. Le contact des grès rouges avec l'étage moyen ou inférieur paraît bien, là encore, se faire par faille.

Le Pliocène des bois de la Motte cache en grande partie le Permien au S du bassin, sauf dans les vallées. Dans celle du Blandeau se voit le long de la route des Grands Nations aux Guerreaux, un conglomérat à pâte rubéfiée; plus au N, aux Merles, des grès rubanés inclinés 15° NW; près du Morillon, une grande falaise barre la vallée et semble correspondre à une faille, les bancs inférieurs y sont constitués par une arkose dure qui ressemble à celle de l'étage moyen. Puis les grès rouges reprennent jusqu'à la faille au-delà de laquelle est la petite exploitation houillère de Grandchamps. L'inclinaison des bancs au Morillon est de 35° NW. Sur la route des Guerreaux à St-Agnan, un peu au N du ruisseau, des arkoses rouges renferment par places des conglomérats; 1 km plus au S, sur la même route, une formation analogue avec galets de grande dimension se voit dans une carrière.

Le long de la Loire on suit les grès rouges sur le côté de la route de Saint-Agnan à la Motte; 1 km à l'E de St-Agnan se montrent des arkoses rouges orientées N 65° E, inclinées 12° N. A 1,5 km à l'E de St-Denis, sous le pont du chemin de fer, les arkoses rouges semblent présenter un léger pendage au N. A 300 m à l'E de la Motte-St-Jean, ce sont des sables gréseux rouges et blancs orientés N 25° W et inclinés 40° N.

Sur la route de la Motte-St-Jean à Rigny, au carrefour de la Tuilerie, apparaissent des bancs massifs d'arkose blanche, dirigés N 35° E et inclinés à 45° N; puis les grès rouges affleurent de nouveau et sont visibles à Rigny. Mais entre Rigny et Gueugnon, au lieu dit la Roche, une carrière est ouverte dans des bancs d'arkose blanche dont le pendage est de 60° NE.

A la sortie de Gueugnon, sur la route de Perrecy, on voit également des arkoses blanches, tandis que plus au S, sur la route de Clessy, affleurent les grès rouges. En progressant vers Perrecy, on ne tarde pas d'ailleurs à retrouver ces grès rouges au SW de la Chaume; un peu plus loin, ils présentent une direction N 40° W et un pendage de 10° NE.

REGION DE BERT ET MONTCOMBROUX.

Nous n'avons consacré que peu de temps à cette région dont l'étude n'aurait guère modifié les conclusions de ce travail. Nulle part, à Bert, les grès rouges ne paraissent surmonter l'étage inférieur ou même moyen en des points observables; nous rappelons qu'un sondage fait au delà de l'accident qui sépare le Permien inférieur des grès rouges est resté pendant près de 600 m dans cette dernière formation sans réussir à la traverser. Le seul intérêt du gisement de Bert est de nous montrer un Permien transgressif sur le socle, reposant sur celui-ci sans intercalation de niveaux houillers intermédiaires (voir p. 108).

LES GRANDS TRAITS DU BASSIN DE BLANZY : RECAPITULATION, EXTENSION POSSIBLE, CONSIDERATIONS DIVERSES

Age des gisements de charbon

— Les gisements connus du bassin de Blanzay, à l'exception de Bert et des couches du puits de Romagne, paraissent tous avoir livré une flore composée d'espèces de St-Etienne montant plus ou moins haut dans le Stéphanien supérieur ou le Permien, associées à quelques autres d'affinité permienne. Si l'on peut, avec M. Corsin, considérer les grandes couches de Montceau comme appartenant à l'assise de St-Etienne, il

faudrait les classer dans la partie la plus récente de celle-ci, et admettre que le Stéphanien supérieur est représenté, soit par les petites couches de Montceau, soit au moins par le stérile qui les surmonte.

Entre ces différents gisements : Montceau, Montchanin, Longpendu, St-Bérain, Le Creusot, etc., il est pratiquement impossible, au moins sur les documents actuels, de noter une différence sensible dans les caractères paléontologiques. On doit donc admettre qu'ils sont dans l'ensemble de même âge, sans prétendre pour autant, bien entendu, établir un parallélisme rigoureux des veines de houille qu'ils renferment, de nouveaux bancs de combustible pouvant naître sans entraîner une modification apparente de la flore.

— Dans le bassin existent des veines dans lesquels s'observent la présence d'espèces nettement permienues :

à Perrecy (couches de Romagne)

à Bert.

Il semblerait donc que les niveaux charbonneux se développent dans le Permien dans SW du bassin, subsistant seuls à l'extrémité méridionale, tandis qu'à Perrecy se montre encore, au voisinage immédiat, un Houiller productif.

On noterait ainsi, de Montceau à Perrecy et à Bert, une certaine transgressivité d'ensemble du Permien sur laquelle nous reviendrons plus loin. (voir p. 133).

Continuité entre Houiller et Permien

Partout nous avons vu se réaliser un passage continu entre Houiller et Permien inférieur d'une part, entre Permien inférieur, moyen et supérieur, d'autre part.

La continuité entre Houiller et Autunien, affirmée depuis plus de trente ans par Termier et G. Friedel se manifeste aussi bien par l'évolution progressive des caractères paléobotaniques que par l'absence de toute discordance et de toute coupure lithologique entre les deux étages.

Le passage du Permien inférieur au Permien moyen se fait par une réduction progressive des bancs schisteux, remplacés par des roches détritiques grossières. Il serait même permis de mettre en doute la validité de la distinction faite entre « étage inférieur à faciès autunien » et « Permien moyen gréseux » en raison des variations latérales possibles et même probables ; cette distinction ne saurait être à la base d'une classification rigoureuse. Elle n'est utilisée, faute de caractères plus précis, pour une étude d'ensemble du bassin, que parce qu'il est partout constaté, dans le périmètre de ce bassin, un enrichissement en schiste vers la base du Permien. Les limites tracées sur la carte sont donc des limites de lithofaciès ; si elles contribuent à nous donner une idée de la configuration générale de la région, elles ne séparent pas deux niveaux nettement datés.

Tout ceci peut être répété à propos du passage entre Permien moyen et supérieur, qui s'effectue par une rubéfaction progressive du ciment des arkoses.

Les plissements

Les plis sont en général assez peu accusés. Leur direction ne coïncide pas avec celle de l'axe du bassin, mais fait un angle de 10° à 15° avec cette dernière, se rapprochant de l'E-W.

Localement cependant, des plis violents et déversés apparaissent au voisinage des bordures, à Montchanin et au Creusot. Ils affectent également le Houiller et le Permien supérieur ainsi que l'on s'en rend compte dans la carrière située au N de la station de Montchanin (voir p. 118) ; dans les grès rouges se voit un anticlinal déversé qui reproduit celui que l'on observe sur les coupes des exploitations de Montchanin-Longpendu. La surface de contact du Permien et du Houiller n'est plus un plan de faille rectiligne ; elle paraît concave vers le S. Je croirais volontiers qu'il s'agit d'une faille plane à l'origine, déformée ultérieurement par des poussées résiduelles.

Les failles

De nombreux accidents verticaux affectent le bassin de Blanzv. Nous distinguerons :

— Des accidents orientés N 65° E - S 65° W effondrant les terrains vers le SE : le principal est la faille-limite N du bassin entre Couches-les-Mines et St-Eugène ; son rejet paraît très important, puisque cet accident juxtapose les grès rouges et le Dinantien aux environs du Creusot. Il affecte faiblement le Secondaire vers Origny. C'est donc un mouvement antétriasique qui a rejoué au Tertiaire avec une amplitude réduite.

— Des accidents dirigées N $55-65^{\circ}$ E - S $55-65^{\circ}$ W dont le regard est au NW ; ce sont les failles voisines de la bordure S entre Montceau et Charrecey. Celle qui, à Perrecy, sépare les couches de Romagne des veines du puits 2, est à l'origine d'une dénivellation notable, quoique non exactement mesurable, dans les terrains primaires (niveaux à *Callipteris* juxtaposés aux niveaux houillers) ; son rejet dans les assises secondaires est en sens contraire et beaucoup plus faible. Là encore, il s'agit de mouvements antétriasiques jouant à nouveau au Tertiaire.

— Des failles SW-NE à compartiment SE effondré, dont les principales sont : l'accident-limite du bassin entre St-Eugène et la Loire ;

les failles des Martenets, de Sanvignes. On les connaît mal dans la couverture secondaire ;

des accidents dirigés N 65° W - S 65° E, qui sont des affaissements vers l'W : failles des Bizots, de Charmoy, de Courmacou, etc. On ne les observe pas dans le Trias.

— Enfin des failles NS dont les plus notables sont celles des Bizots et de St-Romain. Toutes deux effondrent vers l'E les terrains primaires ; la dernière, qui se prolongerait assez loin vers le S, relayée par des accidents de même type, est au contraire un affaissement à l'W dans les niveaux secondaires.

Les accidents transversaux paraissent, à Blanzv, recouper et décrocher les accidents longitudinaux ; ils seraient donc plus récents que ces derniers.

Dans l'ensemble, les dislocations qui ont accompagné les mouvements antétriasiques apparaissent beaucoup plus importantes que les accidents tertiaires. Ceux-ci semblent plus nombreux le long de la bordure du Massif Central, vers la vallée de la Saône, dont le bassin de Blanzv se trouve déjà éloigné.

Formation du bassin de Blanzv

La sédimentation houillère s'installe sur une aire déjà plissée et érodée, formée de terrains granitiques recouverts par places de lam-

beaux dinantiens. Les dépôts les plus anciens connus sont contemporains de l'étage de St-Etienne ; il n'est pas exclu que des niveaux antérieurs se trouvent sous la couverture permienne ou secondaire.

Cette sédimentation limnique schisto-gréseuse se continue au Permien inférieur sans que l'on puisse observer ni lacune, ni discordance : la flore paraît s'enrichir progressivement en espèces autuniennes telles que des *Callipteris*, *Taeniopteris*, etc. Puis les roches détritiques dominent et envahissent l'ensemble du bassin au Permien moyen. Un changement des conditions climatiques fait, comme à Graissessac, apparaître des arkoses à ciment rubéfié, puis les « grès rouges » du Permien supérieur.

C'est à cette époque qu'il convient de placer les principaux mouvements, plis et failles à grand rejet. Ces mouvements sont probablement complexes et répartis sur une assez longue période : la déformation des accidents de contact entre Permien et Houiller à Montchanin laisse en effet supposer plusieurs phases successives. Mais dans l'état actuel des choses, il est très difficile de les mettre en évidence.

Le dépôt du Trias s'effectue après une importante érosion. Au Tertiaire, certaines failles jouent à nouveau dans un sens ou dans l'autre, mais avec une amplitude bien moindre qu'au Primaire.

Comme à Graissessac et Autun, il existe à Blanz y un *cycle permo-houiller continu* ; et, là encore, les grès rouges représentent fort probablement le faciès terminal de l'Autunien.

L'extension des terrains houillers dans le bassin de Blanz y

La superficie totale du bassin permo-houiller de Blanz y est bien supérieure à celle des terrains carbonifères connus.

Quelle est l'extension de ces derniers sous les formations permien-nes ou secondaires ? Question dont dépend l'avenir économique du bassin.

Un certain nombre de travaux de recherches furent entrepris :

a) Sondages au SW de Perrecy, dans le but de reconnaître le prolongement de la bande houillère St-Bérain-Montceau-Perrecy : sondages de Fautrières, d'Usigny, de Champeaux, de Morigny, de Bragny.

Delafond donne des quatre premiers une coupe détaillée (22 fasc. 1, p. 87-81) ; le sondage d'Usigny, trop au S, rencontre le gneiss sous le Trias à 150 m environ ; les trois autres pénètrent dans le Stéphani en à des profondeurs voisines de 200 m et sont arrêtés dans cet étage entre 400 et 500 m, ne recoupant que des filets charbonneux. Delafond pense que ces ouvrages n'ont pas été poussés assez loin et ne permettent pas de juger de la valeur du gisement.

En 1921-1922, le sondage de Bragny aurait traversé (notes du bureau des plans de Blanz y, selon les indications de M. Schnaebélé) :

- de 0 à 190 m, le terrain secondaire,
- de 190 à 203 m, une assise indéterminée,
- de 203 à 353 m, une formation analogue à celle du Bois du Verne et Rozelay, mais sans empreinte, considérée comme permienne,
- de 353 à 1.020 m, des niveaux sans fossiles, probablement permien s,
- de 1.020 à 1.205 m, des schistes plus ou moins noirs, friables, avec grès et conglomérats. Quelques empreintes indéterminables. Ce terrain est considéré comme houiller.

Les renseignements d'ordre géologique fournis par le sondage de Bragny sont très imprécis par suite de l'absence de flore ; une partie probablement épaisse de terrain houiller est, d'autre part, restée inexplorée.

Cependant, de très récents travaux, non encore achevés, sembleraient indiquer que la partie SW du bassin renferme encore des réserves appréciables, quoique limitées, par la surface relativement restreinte restant éventuellement à exploiter.

b) Sondages effectués par les mines de Blanzly au NW de leurs exploitations :

Les mines de Blanzly ont entrepris une active campagne de reconnaissance, du gisement placé immédiatement au NW des travaux actuels. Les résultats furent assez décevants :

Le sondage du Bois du Verne recoupe le Houiller de 603 à 1.158 m avec 4,50 m de houille schisteuse.

Les sondages de Montmaillot n'ont trouvé, dans le Houiller, que des filets charbonneux.

Le sondage du Bois Bouché n° 1 enfin, plus récent (1938), traverse cinq veines de 1 à 2 m entre 379 et 592 m, et 5,25 m de houille à 597. Le sondage du Bois Bouché n° 2, terminé en 1947, obtient des résultats comparables.

Le gisement de Blanzly paraît donc s'appauvrir considérablement vers le NW. Il se peut que cet appauvrissement soit dû en partie aux étirements provoqués par les failles. Quoiqu'il en soit, les veines de houille sont rapidement rejetées de ce côté, à de grandes profondeurs.

c) Sondages dans le centre du bassin.

Ces ouvrages sont tous très anciens. Ce sont :

Le sondage de Torcy, resté dans les grès rouges du Permien supérieur jusque 495 m, arrêté à cette cote.

Le sondage de la Mouillelongue, décrit précédemment, qui semble avoir touché, entre 860 et 920 m, les schistes à *Walchia*.

Le sondage de la Gaïeté, non loin de la ferme de ce nom, profond de 393 m et demeuré dans le Permien supérieur.

Le sondage de Charmoy, enfin, placé au SW du village de Charmoy, non loin de Bois Litteaut, décrit par Delafond (22 fasc. 1. p. 36), interprété de façon quelque peu différente par divers auteurs :

pour Delafond, l'ouvrage traverse de 0 à 480 m une alternance de schistes et de grès. De 480 à 900 m, les schistes se raréfient, les grès deviennent grossiers. De 900 à 1.116 m, on recoupe, soit des arkoses, soit de la granulite du socle. L'ensemble, selon Delafond, est autunien.

Selon Termier (rapport inédit aux Mines de Blanzly), l'Autunien n'occuperait, au sondage de Charmoy, que les 100 premiers mètres. Au delà, les carottes, dont certaines auraient pu encore être examinées par Termier, présenteraient le faciès de grès noirs ou de schistes gréseux noirs pyriteux observé en général dans le Stéphanien de Blanzly. De 100 m à 1.101 m (profondeur à laquelle Termier place la limite inférieure du Houiller, à la rencontre d'une petite source), la sonde aurait traversé le Carbonifère.

L'hypothèse de Termier nous paraît plus séduisante que celle de Delafond. Si l'ensemble des terrains du sondage de Charmoy était autunien, cela obligerait, en tenant compte des niveaux qui les surmonteraient normalement s'ils n'avaient pas été érodés, à donner au Permien inférieur une épaisseur considérable. D'autre part, la base de ce dernier étage est en général plus schisteuse que le houiller. Il semble donc plus vraisemblable d'admettre, avec Termier, que l'Autunien n'est représenté que par les schistes du sommet du sondage.

La recherche de Charmoy, démontrant la stérilité apparente ou l'absence du Houiller dans ce district placé au centre du bassin, a pour longtemps découragé d'autres tentatives.

Diverses hypothèses géologiques furent invoquées afin d'expliquer les résultats précédents : on a suggéré, notamment, que les bassins des bordures N et S ne constituaient pas des parties d'un même grand gisement recouvert au centre par le Permien, mais se trouvaient en réalité indépendants. Ceci n'est pas impossible, le Permien étant transgressif sur le Stéphaniens, débordant ses limites et pouvant former un manteau continu sur une série de cuvettes stéphaniennes indépendantes. Mais une telle structure suppose l'existence d'une synclinal très étroit relativement à sa longueur de Charrency à Bragny, et d'un second synclinal le long de la bordure N dont le Creusot et tous les lambeaux des Petits châteaux, des Bois de Toulon, Pully, Grandchamps, etc, constituent des témoins. Il reste également, si l'on en croit Termier, à expliquer la présence de 1000 m de Houiller à Charmoy. Nous ne croyons donc pas qu'il faille admettre à priori comme probable l'indépendance des gisements des bordures N et S.

C'est donc aux conditions de dépôt de la houille qu'il faut faire appel pour rendre compte des résultats observés. Nous référant aux travaux de M. Pruvost et de ses collaborateurs, sur St-Etienne, à nos études des bassins d'Alès, de Graissac et Autun, nous rappellerons qu'un gisement houiller limnique du type de ceux du Massif Central prend naissance à partir d'une dépression primitive du socle. Lors du comblement de cette dépression par les sédiments carbonifères, l'aire de sédimentation croît et se déforme, les niveaux plus récents étant transgressifs par rapport aux niveaux plus anciens. La houille est d'autre part un dépôt marginal qui passe, vers le centre de la cuvette, à des formations stériles et, vers le bord, à des roches souvent grossières. Vers le bord également, les entre-deux des couches ainsi que les couches elles-mêmes ont tendance à se réduire, les veines d'un même faisceau à confluer en une seule coupée de nerfs plus ou moins épais. Ce type de sédimentation se poursuit au Permien inférieur, tandis qu'au Permien moyen et supérieur elle se fait, compte tenu du changement des conditions climatiques, plus grossière. Les différents faisceaux charbonneux se présentent sous forme d'anneaux théoriquement concentriques (une déformation lente du sol peut modifier plus ou moins cette disposition), séparés verticalement par des épaisseurs variables de stérile. Enfin l'ensemble est plissé, disloqué, partiellement érodé et recouvert de terrains plus jeunes, prenant l'aspect que nous lui connaissons actuellement. Dans ce bassin houiller, l'exploitant découvrira des richesses fort inégales selon l'emplacement des travaux.

Ceci posé, il faut accorder une grande attention aux accidents tectoniques : failles ou plis serrés capables d'amener un fluage de la houille, comme cela s'observe à Montchanin. Un sondage fait dans une zone d'accident ou de pli peut être entièrement stérile sans que le gisement lui-même le soit.

A la lumière de ce qui précède, nous examinerons comment il est possible d'envisager dans le bassin de Blanzay le problème des réserves éventuelles.

La plupart des sondages faits au NW du gisement de Montceau s'avèrent peu encourageants :

— ou bien les couches de Montceau se schistifient dans cette direction,

— ou bien ces ouvrages se trouvent au milieu de la zone des grandes failles de la bordure S, dont beaucoup sont probablement encore inconnues, et ces accidents étirent les couches ou les font échapper à la sonde. C'est l'opinion de Termier et G. Friedel qui, au sondage de Montmaillot, parlaient de la probabilité d'accidents « en marche d'escalier ».

S'il y avait schistification entre le gisement de Blanzay et la ligne des sondages Bois du Verne-Montmaillot-Bois Bouché, celle-ci devrait intervenir de façon très brutale ainsi que le montre la position des travaux de la planche 6. Nous croyons que cette schistification vers le NW est possible et même probable, mais à une plus grande distance de Mont-

ceau, et que ce sont les failles de la bordure S qui, *dans les sondages eux-mêmes*, sont responsables de la réduction des veines de houille. Ceci n'est d'ailleurs guère plus favorable à l'exploitation, car les couches se trouvent rapidement affaissées à grande profondeur.

En examinant la coupe longitudinale 67 (pl. 6), on observe une réduction lente des couches et des entre-deux du NE au SW. Ceci, compte tenu du développement de veines de houille dans le Permien inférieur à Perrecy et à Bert, laisse penser à une transgression dirigée du NE au SW. On devrait donc s'attendre à une disparition des couches de Montceau vers le SW, où ne subsisteraient plus que les couches dites « du toit ». Il est possible que la « grande couche » de Perrecy représente la réunion de plusieurs veines de Montceau par réduction des entre-deux. Si le phénomène persiste en direction du NW, l'inverse devrait se manifester ; malheureusement les districts de Blanz y du Ragn y et du Grattoux paraissent peu connus en profondeur.

Sous les grès rouges du Permien supérieur qui envahissent le bassin entre Montchanin et le Creusot, au N de Sanvignes, le Houiller est probablement rejeté à des profondeurs considérables (le sondage du travers-banc du puits St-Vincent est encore à 1.150 m de la surface, dans le Permien inférieur, touché d'autre part dans le sondage de la Mouillelongue à plus de 860 m) et pratiquement inexploitable. Il peut en être autrement au N de l'accident des Martenets. Le sondage de Charmoy s'est montré ici entièrement stérile mais, placé à proximité d'une grande faille, doit être l'objet de réserve. Aux Martenets, un espoir subsiste de découvrir un gisement. Malheureusement, un sondage actuellement en cours près du Grenouillat a traversé déjà plus de 500 m de terrain permien stérile, ce qui paraît de mauvais augure en raison de la profondeur à laquelle se trouverait, dans ces conditions, une éventuelle veine de houille.

A Vendenesse et Curdin, sur la rive droite de l'Arroux, des recherches pourraient également être tentées ; la proximité des mines de Grandchamps et des Petits Châteaux est un indice favorable, montrant que dans cette région existe un Houiller productif, qui se poursuit peut-être sous le Permien inférieur.

CONCLUSION

Je rappelle les principaux caractères de la structure observée dans le bassin de Blanz y :

continuité du cycle permo-houiller, les grès rouges représentant probablement le sommet de l'Autunien.

plis en général assez réguliers et peu accusés, sauf au Creusot et à Montchanin, légèrement obliques par rapport à l'axe apparent du bassin.

existence de plusieurs réseaux de failles dont beaucoup sont antétriasiques et ont joué dans une mesure beaucoup plus faible au Tertiaire.

CHAPITRE VI

Bassin de Saint-Etienne

Bassins de Communay, Ste-Foy-l'Argentière, La Chapelle-s.-Dun Petits bassins de la bordure orientale du Massif Central



Bassin de Saint-Etienne

GENERALITES

Le bassin de St-Etienne proprement dit affecte la forme d'un triangle dont Rive-de-Gier et la Fouillouse occupent les trois sommets. Le Houiller affleure presque partout, couronné au N du Chambon et à l'W de Terrenoire par deux îlots permien. Ce fut l'un des plus anciens berceaux de l'industrie de la houille, à laquelle devait s'adjoindre une importante métallurgie ; St-Etienne forme, avec la chaîne presque ininterrompue d'usines qui se succèdent de Rive-de-Gier à Firminy, un centre économique de premier plan. Au S, le bassin est bordé par les hauteurs du Pilat ; au N, il est assez vallonné, couvert de forêts et de prairies.

L'extraction charbonnière, aujourd'hui cantonnée à l'W de St-Etienne, fut de 3,6 millions de tonnes en 1951.

L'étude du bassin de St-Etienne, faite jadis par Grand'Eury (34), Grüner (37), Coste (19), d'autres encore, fut reprise en 1942 par M. Pruvost et ses collaborateurs ; Waterlot, Bonte, de Maistre, Corsin pour la paléobotanique ; M. de Maistre la poursuit encore actuellement. Nous ne ferons donc ici que résumer les notes publiées par ces auteurs, en indiquant sommairement les quelques observations que nous avons pu faire, avec M. de Maistre, sur la nouvelle route de St-Etienne à Terrenoire.

STRATIGRAPHIE

Le socle est fait de terrains métamorphiques divers et dont la structure est complexe ; micaschistes le long de la chaîne du Pilat, micaschistes et gneiss au N de Rive-de-Gier et de St-Chamond, granite au voisinage de la Loire.

Sur ce socle reposent des brèches de base en manteau plus ou moins épais, généralement puissant et bien visible sur le bord méridional du bassin.

Pruvost et de Maistre distinguent ensuite, de bas en haut : (57, p. 408 et 53, p. 193-204).

A) *Stéphanien inférieur ou assise de Rive-de-Gier à Pecopteris la-murensis Heer.*

Ce n'est qu'à l'E de St-Chamond, dans la partie orientale du bassin, que le Stéphanien inférieur renferme un faisceau productif avec lits à plantes, celui de la *Péronnière* ; épais de 120 m environ lorsqu'il est complet, il comprend les veines Gentille, Bourrue, Bâtarde, et la « Grande Masse ». 180 m de grès et poudingues le surmontent. Le sommet de la formation serait à 600 m de socle.

B) *Stéphanien moyen ou assise de St-Etienne.*

1° Sur l'assise de Rive de Gier se placent les *poudingues de Grand Croix* appelés aussi « mosaïques » par Grand'Eury, dans lesquels de Maistre voit le début de la flore de St-Etienne banale à *Odontopteris reichi* Gutb. Cette formation se suivrait de Rive-de-Gier à Sorbiers, l'Etrat et Landuzière, à l'W de St-Genest ; elle se prolonge peut-être dans les conglomérats d'âge incertain marqués par de Maistre entre Landuzière et Cornillon. Cette roche (« mosaïque » en raison des galets de silex et de rhyolithe qui la constituent), occupe 400 m en verticale sur le bord méridional du bassin.

2° Surmontant les poudingues de Grand Croix, la *zone de la Talaudière* de M. Pruvost. On trouverait ici :

— un conglomérat micacé qui formerait localement la gratte rouge d'Izieux, et passe sans doute, sur les bordures, à d'autres niveaux de même faciès et d'âge différent.

— le faisceau de la Chazotte, assimilé au 15^{me} et 16^{me} Grüner (représentant peut-être, selon M. de Maistre, les 17^{me} et 18^{me} Grüner), localisé aux environs de la Talaudière, et qui serait l'équivalent, au N de St-Chamond, du faisceau schisto charbonneux de Chavannes.

— un second banc de poudingues, qui se confond avec le premier là à des faisceaux de la Chazotte et de Chavannes ne sont pas représentés.

— enfin le faisceau de Villars, correspondant aux couches Grüner 8 à 1, exploitées par les Houillères de St-Etienne.

L'ensemble mesure 800 m en verticale.

3° Superposée à celle de la Talaudière, la *zone de Roche-la-Molière*, épaisse de 400 m, comprend les couches Grüner 1 à 7, qui, dans les divers districts, ont reçu différents noms :

à Roche-la-Molière ; Poule noire inférieure et supérieure, Grille 2, petite Grille, Grille 1, Peyron, Sagnat et Petit Moulin.

à Firminy ; couches Malafolie.

aux mines de la Loire ; 13^{me} à 9^{me} Loire.

aux Houillères de St-Etienne ; 1^{re} à 7^{me} Grüner.

La limite supérieure du Stéphanien moyen est fixée à la couche des Rochettes des Houillères de St-Etienne, assimilée à la 13^{me} Beaubrun de la Loire, à la veine Siméon de Roche-la-Molière, à la grande couche du Ban de Firminy.

C) *Stéphanien supérieur ou assise d'Avaize à Odontopteris minor*
Br.

Le Stéphanien supérieur est développé dans la partie SW du bassin. Nous distinguerons avec M. Pruvost, toujours de bas en haut :

1° La *zone de Montrambert*, puissante de 500 m, placée entre la couche des Rochettes et celle des Littes, comprenant :

— le faisceau de Beaubrun (13^{me} à 4^{me} Beaubrun des Mines de la Loire) ; tenu pour équivalent du faisceau d'Avaize des Houillères de St-Etienne, des couches « brûlantes » et de la grande couche de la Béraudière, des veines supérieures à la couche du Ban à Firminy.

— le faisceau des Littes qui, à la Béraudière, se place entre la Grande couche et la couche des Littes (veines Gore, Serrurière, des Littes) et se retrouverait dans les 3^{me} et 2^{me} Beaubrun des puits de la Loire. Au voisinage de la veine des Littes se trouve l'horizon à poissons de Montrambert.

2° La zone de Bellevue (800 à 900 m) qui ne renferme que le faisceau des Combes à la Béraudière. M. de Maistre le classe déjà dans l'étagé ambigu autuno-stéphanien qu'il fait débiter à l'horizon poissonneux de Montrambert, 200 m au-dessus de la couche des Littes.

D) Permien.

Au-dessus de la zone de Bellevue, qui devient déjà grossière et micacée, se place une zone supérieure stérile qui viendrait rejoindre la première là où les couches de Bellevue sont absentes. De ces niveaux stériles, on passe progressivement aux terrains rouges du Jardin des Plantes.

TECTONIQUE ET STRUCTURE D'ENSEMBLE DU BASSIN

Un premier fait, largement mis en évidence par les derniers auteurs, attire de suite l'attention ; nulle part la série stéphanienne ne s'observe complète ; elle ne peut être reconstituée que grâce aux données paléontologiques et à l'aide de niveaux repères. L'assise de St-Etienne est presque stérile au-dessus du faisceau de la Péronnière, classé dans celle de Rive-de-Gier. Dans la concession des Houillères de St-Etienne, le Stéphanien moyen est à peu près complet, surmonté du faisceau d'Avaize ; à Roche-la-Molière et aux mines de la Loire il est amputé de la partie inférieure à la 8^{me} couche Grüner. A la Béraudière enfin, seul le Stéphanien supérieur renferme des veines exploitées.

C'est ce phénomène que M. Pruvost explique par une transgression déterminant un déplacement de l'aire de sédimentation charbonneuse au cours du Stéphanien. De telles transgressions sont d'ailleurs observables dans la plupart des autres bassins du Massif central. M. Pruvost a largement illustré ces conceptions au congrès de Liège en 1947 (57) à l'aide de trois exemples choisis à Autun, St-Etienne et St-Paulet.

Il convient de signaler que M. de Maistre voit, à l'E de Terrenoire, un cône de déjection venu du Pilat, subsistant au moins au cours de la première moitié du Stéphanien, amenant les dépôts grossiers visibles dans cette région ; dépôts entrecoupés de niveaux rubéfiés qui laissent penser à des exondations momentanées.

Le bassin de St-Etienne apparaît dans l'ensemble comme un synclinal dont le flanc N, bien développé, possède une inclinaison assez régulière, tandis que le flanc S, beaucoup plus réduit, se relève brutalement. Entre Firminy et Terrenoire, plusieurs plis transversaux déterminent des seuils (seuils de Cambefort, de la Béraudière) et des cuvettes (au N du Chambon, à l'W de Terrenoire) au centre desquelles affleure le Permien.

On connaît des accidents longitudinaux, sensiblement parallèles au bord S (failles du Pilat, du Platon, de Dourdel, de Landuzière, etc), et des accidents transversaux grossièrement perpendiculaires à ces derniers. Selon M. de Maistre, des décrochements horizontaux se seraient produits le long des failles longitudinales.

Si l'on se dirige de Roche-la-Molière au Chambon, l'on voit les couches, d'épaisseur d'abord constante, prendre une allure de plus en plus lenticulaire. Ceci peut s'expliquer par une plus grande irrégularité de formation des couches supérieures du bassin, qui dominant au SW ; M. de Maistre y voit l'action de phénomènes tectoniques.

LE PERMIEN DANS LE BASSIN DE SAINT-ETIENNE

La continuité entre Stéphanien et Permien est depuis longtemps admise dans le bassin de la Loire. Avec Grand'Eury, M. de Maistre place au sommet des niveaux nettement carbonifères un « étage ambigu autuno-stéphanien ».

En montant, à partir du cours Fauriel, la colline du Jardin des Plantes, on observe, surmontant les assises houillères, des bancs d'arkose à grain plus ou moins fin coupés de conglomérats. Au sommet de cette colline apparaissent des schistes et des marnes rubéfiés, peu cohérents, dont l'aspect est identique à celui des terrains permien supérieurs de Blanz y et de Graissessac (1). On remarque, à la base comme au milieu de ces couches rouges, des poudingues à gros galets de quartz anguleux et de micaschiste.

Sur l'autre versant de la colline du Jardin des Plantes, le Permien affleure assez largement le long de la route allant à Terrenoire, occupant le centre d'un synclinal formé par l'un des plis transversaux signalés plus haut. En venant de Terrenoire, on aperçoit d'abord, faisant suite à l'assise d'Avaize, des schistes et arkoses qui, vers le sommet, montrent çà et là quelques niveaux colorés ; l'un de ceux-ci, constitué de schistes verdâtres, est bourré de moules de vers. A l'W de la Riche-landière, les bancs de marne rouge se multiplient, et le talus de la nouvelle route qui aboutit au Rond-Point montre une belle série de schistes et marnes rouges, verts et gris, entrecoupés de grès et de conglomérats. L'ensemble se présente en un synclinal qui prolonge les plis connus dans le Houiller.

Ces quelques observations, que nous avons pu faire en compagnie de M. de Maistre, semblent confirmer la continuité entre Stéphanien, Permien inférieur et Permien « rouge ». A St-Etienne, l'étendue des affleurements permien est sans doute trop restreinte pour permettre d'énoncer des conclusions générales ; mais on notera que les choses ne se passent pas différemment de Blanz y, Graissessac et Autun ; à la sédimentation houillère succède progressivement, après le Stéphanien, un

(1) Des niveaux rubéfiés se voient déjà à la partie inférieure du jardin des plantes, mais sont mal dégagés et ne représentent peut-être que des coulées venues du haut.

régime de plus en plus détritique ; des altérations continentales font apparaître les « grès rouges ».

CONCLUSION

De ce résumé très sommaire les derniers travaux effectués sur le bassin de la Loire, nous retiendrons :

— la disposition des assises houillères, dont chacune n'est bien développée que sur une aire déterminée, les plus récentes paraissant transgressives sur les plus anciennes.

— les grands traits de la tectonique du bassin ; pli dyssymétrique, compliqué de plis transversaux secondaires, coupé par deux systèmes de failles, les unes parallèles, les autres grossièrement perpendiculaires à la limite méridionale. Des glissements horizontaux seraient intervenus, selon M. de Maistre, le long des accidents longitudinaux.

— la continuité entre Stéphanien, Permien inférieur et Permien dit « supérieur », ce dernier n'étant probablement qu'un faciès de l'Auntunien.

Le prolongement du Bassin de Saint-Etienne vers l'Est : Les terrains houillers de la rive droite du Rhône entre Rive-de-Gier et Givors

Le Bassin de la Loire proprement dit se termine en pointe à l'E de Rive-de-Gier ; mais le terrain houiller se prolonge jusqu'à Givors en une bande étroite et discontinue.

Nous avons récemment revu ces affleurements carbonifères entre Dargoire et Givors, à l'occasion de l'établissement de la nouvelle feuille géologique au 1/50.000. Nous résumerons rapidement les observations faites, publiées par ailleurs au Bulletin des services de la carte géologique de France (50).

Le socle est presque partout constitué par des micaschistes ; quelques granites, qui se rattachent au massif de Mornant-St-Andéol, sont peut-être au contact du Houiller vers St-Martin-de-Cornas.

Le terrain houiller ne diffère guère de celui de St-Etienne : alternance de conglomérats, grès, schistes et veines de houille ; des brèches à galets de micaschiste se voient sur la bordure S. aux environs de Givors, et sur la bordure N, largement développées vers Mincieux. Dans l'ensemble, les formations grossières et détritiques : conglomérats à galets de quartz, grès micacés, etc, dominant. Les schistes ne se rencontrent qu'en petits bancs. Des filons de porphyrite, marqués déjà sur la carte au 1/80.000 de Lyon, traversent le Stéphanien.

Par suite de la rareté des niveaux schisteux, je n'ai pu recueillir qu'assez peu d'échantillons fossiles, à proximité d'anciens travaux ou

des terrils ; *Cordaïtes lingulatus* G. E. commun, *Pecopteris arborescens* Schl., *P. cf. hemitelioides* Br., *Odontopteris reichii* Gutb.

Heureusement, Paul Bertrand, séjournant à St-Etienne en 1917-1919, a pu étudier la flore d'un certain nombre de gisements entre Rive-de-Gier et Givors, alors en exploitation, devenus inaccessibles depuis. Les listes des plantes recueillies à des points ou des niveaux précis n'ont jamais été publiées par le savant paléobotaniste qui les a utilisées pour établir ses grandes divisions du Stéphaniens. Sur les conseils de M. Pruvost, nous reproduisons ici les observations de détail de P. Bertrand demeurées dans des rapports inédits ; elles constituent, en effet, un document important pour la connaissance du Houiller de cette région, qu'il y a lieu de mettre à la disposition des spécialistes.

Voici d'abord les observations faites en 1917-19 dans les exploitations de Rive-de-Gier ; elles précisent bien les caractères de la flore de Rive-de-Gier, en particulier la présence de *Mixoneura flexuosa* G.E.

1°) Colline dominant la Madeleine et rive droite du Bosançon (d'après Coste, il s'agit de la couche La Gentille) :

Pecopteris arborescens Schl. (T. C.), *P. unita* Br., *P. oreopteridia* Schl., *P. lamurensis* Heer (C), *Sphenophyllum oblongifolium* Germ., *S. majus* Br., *Cordaïtes principalis* Germ., *C. borassifolius* Sternb. (non *lingulatus*), *Linopteris* à petites pinnules (R), *Sigillaria deutschii* Br., *S. tessellata* Br., *Annularia stellata* Schl., *A. sphenophylloides* Zenk.

2°) Exploitations faites de 1914 à 1918, au droit de la grande cheminée :

Pecopteris arborescens Schl. (T.C.), *P. polymorpha* Br., *Sphenopteris chaerophylloides* Br., *Sphenophyllum oblongifolium* Germar, *S. majus* Br., *S. emarginatum* Sternb., « *Cordaïtes cf. tenuistriatus* », *Samaropsis fluitans* Daw., *Lepidodendron cf. obovatum* Sternb., *Sigillaria deutschii* Br., *S. tessellata* Br.

3°) La Haute Cappe, à Lorette (1917) :

Toit de la Bâtarde :

Pecopteris lamurensis Heer typique, *P. arborescens* Schl., *P. dentata* Br., *Linopteris cf. obliqua* Bunb., *Cordaïtes cf. palmaeformis* Zeil., sigillaires cannelées, « *Lepidophyllum triangulare* », *Annularia sphenophylloides* Zenk.

Toit de la Découverte :

Sigillaria brardi Br.

4°) Grézières (les Flaches) SW de Rive-de-Gier (1919) :

Pecopteris lamurensis Heer, *P. arborescens* Schl., *P. dentata* Br., *Zygopteris erosa* White, *Mixoneura flexuosa* G.E., sigillaires cannelées.

5°) Les grandes Flaches (la Catonnière) sept. 1917 :

Toit des Bâtardes :

— schistes fins à écailles de poissons :
pronotum de blatte

— schistes à plantes :

Pecopteris arborescens Schl., *P. abbreviata* Br., *P. lamurensis* Heer., *P. unita* Br., *P. polymorpha* Br., *Sphenopteris chaerophylloides* Br., *Mixoneura flexuosa* G. E. *Cordaïtes palmaeformis* Zeil., *Sphenophyllum oblongifolium* Germar, *Lepidophloios cf. macrolepidotus* Gold., feuilles de sigillaires, *Sigillariastrobus*, *Annularia stellata* Schl., *A. chaerophylloides* Zenk.

Toit de la Bourrue :

uniquement *Sigillaria deuschi* Br et *S. tessellata* Br.

6°) Château de Gravenet (St-Genis-Terrenoire) :

Pecopteris arborescens Schl., *P. unita* Br., *Mixoneura flexuosa* G.E., « *Cordaïtes tenuistriatus* », *Sigillaria deuschi* Br., *Stigmaria ficoides* Sternb.

(il s'agit probablement de la Bâtarde)

Les listes suivantes sont maintenant relatives au bassin de Tartaras :

Puits Marie Louise (entre la route de Tartaras à Dargoire et celle de Dargoire à Givors) :

Grand couche de Tartaras :

Alethopteris grandini Br., *Odontopteris reichi* Gutb. (C), *Pecopteris sterzeli* Zeil., *P. unita* Br., *P. bioti* Br., *P. cyathea arborescens* Schl. (C), *P. hemitelioides* Br., *polymorpha* Br., Sigillaires cannelées (C), *Sigillaria* cf « *elongata* », *Cordaïtes lingulatus* G.E. (C), *Poacordaïtes linearis* (C), *Sphenophyllum oblongifolium* Germ. *Annularia stellata* Schl.

(Paul Bertrand note qu'il a pu retrouver une couche des schistes bitumineux à poissons et un « boghead » signalé dans ce gisement au-dessus de la grande couche de Tartaras).

Les Prairières (rive droite de la Nozange, route de Dargoire à Givors) :

Alethopteris grandini Br., *Odontopteris reichi* Gutb. (C), *Callipteridium pteridium* Schl., *Linopteris germari* Gieb., *Pecopteris arborescens* Schl., *P. feminaeformis* Schl., *P. unita* Br., *P. polymorpha* Br., *P. sterzeli* Zeil. P. cf. *oreopteridia* Schl., *Cordaïtes lingulatus* G.E. (C), *Poacordaïtes linearis* G. E., (C), *Sphenophyllum oblongifolium* Germar, *Annularia stellata* Schl., *A. sphenophylloides* Zenk., sigillaires cannelées.

Gaudillon (rive gauche de la Nozange, vers les Bruyères) et Puits Vincent, terrils :

Pecopteris arborescens-lepidorachis Schl. (C), *P. hemitelioides* Br., *P. unita* Br., *P. pluckeneti* Schl., *P. sterzeli* Zeil., *Odontopteris reichi* Gutb., *Callipteridium pteridium* Schl., *Alethopteris grandini* Br., *Cordaïtes lingulatus* G. E., *Poacordaïtes linearis* G. E., *Sphenophyllum majus* Br., *Calamites cisti-suckowi* Br., *Sigillaria brardi* Br., sigillaires cannelées.

Et Paul Bertrand conclut, à propos du bassin de Tartaras : « Association végétale des couches inférieures de St-Etienne ; aucune distinction floristique possible entre Tartaras et la Chazotte ».

Enfin, les échantillons suivants furent recueillis par P. Bertrand dans le bassin de Montrond en 1919 :

Dans les déblais du puits de Noally (borne kilométrique 2,500 km de la route de Givors à Rive-de-Gier) :

Alethopteris grandini Br., *Callipteridium pteridium* Schl., *C. gigas* Schl., *Pecopteris arborescens* Schl., *P. bioti* Br., *P. sterzeli* Zeil., *P. feminaeformis* Schl., *Cordaïtes lingulatus* G. E. (T.C.), sigillaires cannelées.

Puits de la Petite Forestière (Commune de St-Martin de Cornas) :

Odontopteris reichi Gutb., *Pecopteris arborescens* Schl., *P. bioti* Br., *P. unita* Br., *P. polymorpha* Br., *Cordaïtes lingulatus* G.E.

« Cette association végétale, dit Paul Bertrand, est semblable à celle du faisceau 13^{me}-15^{me} de la Chazotte et à celle de Communay ; absence des *Poacordaïtes* qui sont communes à Tartaras, présence des sigillaires cannelées et des *Pecopteris arborescens* ».

— séparé du bassin de St-Romain par 1,5 km de terrain cristallin, l'îlot de St-Martin s'étend au S du village de même nom. Il est découpé par des accidents N-S à NNW-SSE fréquemment jalonnés de filons de porphyrite. Le long de la route de Givors à Rive-de-Gier se voient des affleurements schisto-charbonneux et des vestiges d'anciens travaux.

— le bassin de Montrond proprement dit est un triangle limité au S à la vallée du Gier, au N par une faille, à l'W par un autre accident passant près de la métairie des Cluzelles. Au N de Givors cependant, le Houiller forme un petit golfe jusqu'à la Tour de Varrissan.

Quelques brèches apparaissent au N de la route Givors-Rive de Gier. Ailleurs, ce sont toujours les grès plus ou moins grossiers qui dominent, coupés de bancs de schiste et de houille. Nous avons vu plus haut que, dans les travaux des puits de la Petite Forestière et de Noally, P. Bertrand a recueilli une flore appartenant à l'assise de St-Etienne.

L'ensemble est plissé en synclinal dyssymétrique d'axe parallèle au cours du Gier le flanc NW est relativement régulier, les pendages sont voisins de 20° ; le flanc SE est relevé à 45°

CONCLUSION

En résumé, les terrains houillers de la rive droite du Rhône au SW de Givors sont le prolongement, haché et disloqué par une série d'accidents, du bassin de St-Etienne. Vers Mincieux, on observe des brèches qui représenteraient les derniers témoins de l'étage de Rive-de-Gier. La plus grande partie du Houiller de la Carte géologique de Givors, avec les couches de houille anciennement exploitées, appartient à la partie inférieure de l'étage de St-Etienne.

Le Bassin de Communay

A 20 km au S de Lyon et 4 km au NE de Givors, entre les terrains carbonifères de la vallée du Gier et le « Bassin du Dauphiné » (1) la carte géologique au 1/80.000 de Lyon indique deux affleurements houillers de superficie restreinte ; c'est le bassin de Communay-Ternay, qui se prolonge quelque peu sous les alluvions glaciaires. Il fut exploité jusqu'en 1924 et considéré comme épuisé après avoir fourni 785.000 tonnes (24, p. 109). Les travaux furent cependant repris durant la dernière guerre ; la mine produisait une cinquantaine de tonnes par jour et fut à nouveau fermée en 1950. Les Services de la carte géologique de France ont bien voulu nous demander de revoir ce petit bassin pour l'établissement de la nouvelle feuille de Givors.

(1) Le bassin du Dauphiné fut reconnu, au début du siècle, par une série de sondages, et plus récemment, par une campagne de prospection géophysique.

LIMITES

Au S, le bassin est bordé par une grande faille assez bien reconnue par les exploitations et visible sur une certaine longueur en surface ; prolongement ou relai probable des accidents qui, selon Goguel (33), jalonnent le bassin du bas-Dauphiné.

La limite N est un peu moins précise, et paraît constituée, entre le S de Communay et la ferme de Malaguet, par un accident orienté SW-NE. Vers Malaguet, les roches cristallophyliennes du socle franchissent la trace de cet accident, à la faveur peut-être d'une autre faille NNE et rejoignent presque la limite méridionale ; c'est pourquoi, sur la carte géologique, les deux affleurements sont largement séparés par un seuil de micaschiste. En réalité, si les alluvions glaciaires, les éboulis ou le loess masquent en grande partie le Carbonifère entre Malaguet et Chassagne, on observe, entre les routes de Chasse à Ternay et de Chasse à Villeneuve, un petit lambeau houiller avec affleurement de charbon, contre le faille-limite S. La coupure entre l'E et l'W du bassin est donc moins importante qu'on ne le croyait. L'îlot stéphanien de Chassagne, sans intérêt pratique, est entouré au N, à l'E et à l'W par des alluvions quaternaires. Au N cependant, il ne doit pas se prolonger très loin, car les micaschistes affluent à Villeneuve, Flévieu et au N de Ternay.

A l'W au contraire, le Houiller, visible à Chassagne, disparaît sous le Glaciaire, mais se retrouverait, selon Grüner (37) dans la tranchée du chemin de fer Lyon-Marseille au S de Flévieu ; il se raccorderait plus ou moins, sous Givors, au Carbonifère de la vallée du Gier.

A l'E enfin, plusieurs sondages furent effectués dans le but d'explorer le gisement recouvert, au delà du méridien de Communay, par la Molasse et les alluvions. Ils ont montré que le bassin se relevait dans cette direction, le Houiller devenant de plus en plus réduit ; un seuil de micaschiste semble séparer les bassins de Communay et du Bas-Dauphiné : Goguel cependant (33) les réunit par une étroite bande carbonifère.

STRATIGRAPHIE

Le socle est formé de micaschistes qui, parfois, passent localement au gneiss ou à l'amphibolite, et dont la structure est complexe. A l'intérieur des limites du bassin, il n'a été touché que par des sondages, mais affleure largement sur les bordures.

On observe dans le Houiller (rapport inédit de M. de Maistre et documents de Mines) la série suivante :

— au mur de la couche 3, une épaisseur de terrain mal connue, voisine de 100 m, dans laquelle un sondage au fond du puits Bayettan a reconnu, sans le traverser, un banc charbonneux appelé quelquefois couche 4.

— la couche 3, mesurant 1,10 au puits Bayettan, et présentant là une allure en chapelet, un peu meilleure au puits de l'Espérance (0,60 à 0,80 de beau charbon surmonté de 0,20 m à 0,30 m de schiste charbonneux).

— 70 m de grès souvent massif et grossier.

— la couche 2, assez largement exploitée, constituée de 1,20 m à 1,30 m de beau charbon.

— 60 m de grès massif.

— la couche 1, formée de 5 à 6 bancs dont 3 seulement furent exploités et possèdent, au travers banc Sauveur 140, une puissance de 3 m.

— 70 m de schiste et grès fin.

— la couche 0, mal connue, en plusieurs bancs irréguliers.

— enfin, au toit de la formation, recoupés sur les 50 premiers mètres au puits de l'Espérance, des grès et poudingues verdâtres.

J'ai recueilli, sur les terrils, d'assez nombreux échantillons de *Cordaïtes lingulatus* G.E., des frondes de *Callipteridium pteridium* Schl., au milieu de *Pecopteris polymorpha* Br. abondant. Voici les listes de Paul Bertrand, établies alors que la mine était en activité :

Puits Sauveur. Toit de la couche N° 1 :

Odontopteris reichi Gutb., *Neuropteris planchardi* Zeil., *Callipteridium pteridium* Schl., *Pecopteris arborescens* Schl. (= *lepidorachis* Br.), *P. unita* Br., *Cordaïtes lingulatus* G. E. (T.C.), *Sphenophyllum oblongifolium* Germ., *Dicranophyllum oblongifolium* Germ., *Dicranophyllum gallicum* G.E., sigillaires cannelées,

Puits Bayettan Toit de la couche n° 3 :

Callipteridium pteridium Schl., *Pecopteris pluckeneti* Schl., *P. hemitelioides* Br., *Sphenophyllum oblongifolium* Germar., *Annularia sphenophylloides* Zenk.

Vieux terrils de l'Espérance

Pecopteris arborescens Schl., *P. feminaeformis* Schl., *Cordaïtes lingulatus* G.E., *Calamites suckowi* Br.

Paul Bertrand classe le houiller de Communay à la base de l'étage de Saint-Etienne (8) et le considère comme contemporain du bassin de Montrond et du faisceau 13^{me}-15^{me} de la Chazotte.

L'ensemble dessine un synclinal d'axe grossièrement E-W dont les flancs, et particulièrement le flanc N, sont coupés par les accidents-limite.

Il paraît exister trois directions de faille principales : E-W, NNE-SSW et NE-SW. Des zones laminées, peut-être conséquences d'accidents assez plats, sont connues dans les travaux ; l'une d'elles se présenterait, dans la couche 1, comme une bande orientée SW-NE, large de 50 m, passant aux environs du puits Sauveur. Une seconde, perpendiculaire à la première, se situerait, dans la même veine, à 200 m au SW du puits Sauveur.

CONCLUSION

Le bassin de Communay fait partie de la série des lambeaux carbonifères, séparés et disloqués par des plis et accidents, reliant, par Givors, les bassins de St-Etienne et du Bas-Dauphiné. De ces lambeaux, c'est le seul où l'on ait pu mettre sur pied une industrie extractive de quelque importance.

Ces témoins stéphaniens sont-ils les restes d'un grand bassin primitivement continu, ou de plusieurs cuvettes indépendantes ? On notera, entre ces divers petits bassins houillers et celui de St-Etienne, une similitude d'allure remarquable ; ce sont tous des synclinaux dyssymétriques dont l'un des flancs se relève plus ou moins brutalement contre une faille-limite ; accident dont le jeu a peut-être commandé les phénomènes de subsidence et de sédimentation. Nous croyons donc qu'il existe bien là une unité géologique.

Bassin de la Chapelle-sous-Dun et de Saint-Laurent-en-Brionnais

A 20 km au S de Charolles affleure un lambeau houiller de superficie réduite, mais qui se prolonge, au NW, sous les terrains secondaires. Les concessions de la Chapelle et des Moquets ont exploité, depuis le début du siècle dernier, la partie méridionale du gisement, la moins profonde. En 1870 fut instituée la concession de St-Laurent, au N des précédentes, siège d'un second centre minier dont les travaux n'étaient pas reliés à ceux de la Chapelle.

Aux Mines de la Chapelle, l'extraction fut de 80.000 tonnes en 1900 ; après des vicissitudes diverses, elle est encore aujourd'hui de 15.000 tonnes par an environ. St-Laurent ne connut que deux périodes d'activité assez brèves : de 1870 à 1875 (30.000 t déhouillées) et de 1943 à 1947 (25.000 t extraites).

LIMITES

Au SW, le gisement est limité par une grande faille affectant à la fois le Carbonifère et les terrains de couverture secondaires. Le sondage 4, à l'E des Révillets, aurait recoupé cette faille à 60 m. Vers le NE, au S de la Chapelle, on observe le contact du Houiller avec les rhyolites du socle ; mais plus loin, le Carbonifère est masqué par le Trias et le Jurassique. Le sondage 2 serait arrêté, à 150 m, dans un « grès considéré, sans certitude, comme inférieur au Houiller » (peut-être une roche à grain fin ou décomposée ?). Le sondage 5, à l'E de Vèvre, n'aurait pas recoupé de Houiller.

La limite N est également imprécise. On observerait un relèvement des couches vers le N dans les anciens travaux de St-Laurent. Par contre, le sondage 3 au N des Places retrouvait 20 m de Houiller avec charbon à 200 m de profondeur. P. Termier supposait donc l'existence d'un seuil au N des anciennes exploitations, puis l'ouverture d'une nouvelle cuvette dont le sondage 3 marquerait le début (rapport inédit).

Un sondage dans les environs du Cerne avait donc quelque chance de recouper un gisement exploitable. Un tel ouvrage, exécuté en 1944 par la Société d'Electrochimie d'Ugine, pénétra malheureusement directement dans le granite à la base des assises secondaires. Il en fut de même d'un autre sondage placé un peu plus à l'E sur le même parallèle. On ne connaît donc rien actuellement, en dehors de la région des anciens travaux de St-Laurent, ce qui n'exclut d'ailleurs nullement la présence possible d'une cuvette houillère sous la couverture secondaire. Mais des recherches onéreuses seraient indispensables, qui peut-être seront reprises après épuisement du gîte de la Chapelle.

STRATIGRAPHIE

Le socle est constitué par un fond de granite et de microgranite sur lequel vient se placer, à la Chapelle et Vernay, une coulée rhyolitique. Ça et là se trouvent notés, sur la carte de Charolles, des lambeaux dévonien ; peut-être quelques-uns sont-ils, en profondeur, au contact du Carbonifère, quoique rien de tel n'ait jamais encore été signalé.

Le Houiller montre le faciès schisto-gréseux banal :

A la *Chapelle et aux Moquets*, dans la région du puits de Conte-Grandchamps, on connaît :

- à la base, une centaine de mètres de grès et schistes avec deux petites couches de 0,50 m (la position exacte de la base du Houiller n'est pas connue ;

- la couche Gore, épaisse de 1,50 à 2 m, en deux bancs séparés par 0,50 m de gore blanc ;

- 15 à 20 m au-dessus, la couche Brancilly de 1 m à 1,60 m, en deux bancs séparés par 0,50 de schiste ;

- 20 à 25 m plus haut, la couche Henriette, puissante de 0,60 m à 1 m ;

- au-dessus d'un nouvel intervalle de 25 à 30 m, la couche Conchalon, mesurant 0,80 m à 1,20 m ;

- enfin au toit du faisceau, à 30-35 m de Conchalon, la grande couche de 4 à 8 m d'épaisseur.

Au puits Conte Grandchamps, la grande couche est elle-même surmontée de 40 m de stérile et de 75 m de mort-terrain.

Le combustible de la grande couche renfermerait 24 à 27 % de cendres et 32 à 34 % de matières volatiles.

A *St-Laurent* quatre veines furent reconnues :

- la couche E, mesurant 0,50 m ;

- à 10-20 m au-dessus, la couche C, de 0,80 m ;

- à 20 m de la précédente, la couche D épaisse de 1,60 m ;

- enfin, 30 à 40 m plus haut, la couche B mesurant 1 m.

La teneur en cendres serait de 25 à 35 %, celle en matières volatiles, de 35 à 40 %.

Le Houiller se trouve recouvert, au N de la Chapelle, par les formations triasiques et jurassiques, avec leur faciès habituel : grès arkoses du Trias inférieur, marnes du Keuper, calcaires et marnes jurassiques, etc.

On ne possède que peu de documents relatifs à la flore du bassin : Drouot (26 p. 238) signale de nombreuses empreintes, parmi lesquelles « *Pecopteris aquilina* » ; Delafond (22 p. 115) note la présence de poissons. Les divers géologues appelés en consultation à la Chapelle et Saint-Laurent eurent avant tout pour mission l'examen des liaisons entre couches et de l'extension possible du gisement dans un périmètre restreint ; problème où les données paléontologiques ne pouvaient être d'un grand secours. Il paraît logique, en attendant une étude plus complète de la flore, à entreprendre au plus tôt, d'admettre que le Houiller de la Chapelle est apparenté à celui de Blanzay.

TECTONIQUE

Les lignes de niveau des couches figurées sur la carte de la Pl. 1, nous montrent le gisement de la Chapelle et des Moquets comme un

synclinal d'axe N-S qui se relève vers le N. Ce synclinal se prolongerait dans la concession de St-Laurent, toujours en se relevant vers le N, ce qui provoque la disparition ou tout au moins une forte réduction du Houiller sous les terrains secondaires au delà des anciens travaux de St-Laurent (seuil Termier). Les recherches entreprises au N du « seuil Termier » dans l'espoir d'une nouvelle cuvette, et faites au moyen de deux sondages récents placés, l'un au voisinage du Cerne, l'autre plus à l'E, n'ont pas abouti.

Les principaux accidents sont :

— la faille limite SW qui, ainsi qu'il a été dit plus haut, affecte l'ensemble du Houiller et des morts terrains. Cependant, si l'on en croit les indications de la carte de Charolles et de la notice, cet accident met en contact, vers le Châtelet, Trias gréseux et Charmouthien, ce qui représente une dénivellation de l'ordre de 100 m. Or la grande couche, la plus élevée du faisceau de la Chapelle, se trouve déjà, dans la même région, rejetée à plus de 200 m de profondeur, tandis que seul le granite affleure sur la lèvre méridionale de la faille. D'autre part, le massif de rhyolite qui sert de soubassement au Houiller de la Chapelle, n'existerait plus dans le compartiment SW de cette même faille. Celle-ci, comme nous en avons vu maints exemples à Blanzay, serait donc d'âge antétriasique mais aurait rejoué au Tertiaire.

— un accident dit « faille centrale », assez mal connu qui couperait le gisement de St-Laurent en deux panneaux dits « du Couchant » et « du Levant ».

Enfin, la liaison des couches de St-Laurent avec celles de la Chapelle a préoccupé à la fois exploitants et géologues. On admet que le faisceau de St-Laurent, ou bien représente le prolongement des couches de la Chapelle, ou bien leur est inférieur. La première hypothèse est plus favorablement acceptée en général, mais rien, actuellement, ne permet de formuler une conclusion définitive.

CONCLUSION

Le bassin de la Chapelle-sous-Dun est une cuvette allongée N-S, coupée en oblique au SW par une grande faille, et qui disparaît au N sous les formations secondaires. Les recherches faites au N des anciens travaux de St-Laurent, dans le but de retrouver une autre cuvette houillère n'ont pas abouti. Il faut se garder cependant de conclure à la stérilité de toute la région au N de St-Laurent.

La présence de lambeaux houillers au voisinage des grandes failles du type de la faille limite S du bassin de la Chapelle peut s'expliquer ainsi : ces accidents ont joué une première fois avant le Trias, peut-être même le Carbonifère, accompagnés sans doute d'un certain basculement. Ainsi se forment des dépressions qui deviennent le siège d'une sédimentation houillère et, le mouvement s'accroissant après le dépôt du Stéphanien, protègent partiellement ce dernier de l'érosion. Signalons, avec les réserves d'usage, que des traces de Houiller auraient été relevées entre Diou et Ozolles, au voisinage d'un accident de même type passant au SW d'Ouroux et par Changy.

Bassin de Sainte-Foy-l'Argentière

A l'W de Lyon, parmi les massifs anciens et métamorphiques se trouvent conservés, dans la vallée de la Brévenne, plusieurs témoins houillers dont le plus important, qui s'étire sur une longueur de 11 km entre Ste-Foy-l'Argentière et Viricelles, constitue le *bassin de Ste-Foy-l'Argentière*.

Un petit gisement de houille y est depuis longtemps connu (la première concession daterait de 1770), et fut exploité jusqu'en 1931 ; la production s'éleva à 31.175 t en 1900. Un puits fut remis en activité durant la dernière guerre et fournit encore 13.000 t en 1945. Les travaux sont abandonnés depuis 1948.

LIMITES

Au NW, le bassin de Ste-Foy-l'Argentière est limité par une faille orientée N 60° E, sensiblement parallèle à la vallée, passant au bas du village de Meys, à Chamousset, au château de la Menue. L'accident paraît décroché vers le SE à Souzy, et se retrouve au N de Ste-Foy, le long de la petite route allant de cette commune vers Chenevatier, le Chapin et St-Laurent. Il est en de nombreux points jalonné de filons de quartz et de barytine, coupe sous un angle quelconque les différents niveaux sédimentaires.

La limite W est également une faille partant de l'W de Meys pour aboutir près de l'embranchement de Viricelles.

Le bord SE du bassin est encore jalonné par un accident important, visible en surface en plusieurs points, et contre lequel les couches de houille figurées sur les plans de mine se redressent fortement. Il forme avec le précédent un angle assez aigu au voisinage de l'embranchement de Viricelles, se suit non loin de Feuillat, de Grange Roman, du Choron, du Sorlin, des Ogiers, de l'Argentière, d'où il se dirige en ligne droite vers le château de la Valsonnière. Les filons de galène argenti-fère qui l'accompagnent furent exploités jadis à l'Argentière.

La limite E enfin, moins bien visible, semble être un contact par faille à l'W des hauteurs du château de la Valsonnière, dont les schistes métamorphiques dominent le terrain houiller, puis au contact sédimentaire normal plus au N.

Malgré la nature souvent boisée du sol, les prairies ou les cultures qui gênent les observations, le bassin de Ste-Foy a pu être circonscrit avec une assez grande précision ; sa superficie est d'environ 18 km² ; mais comme nous le verrons, la houille n'est connue jusqu'à présent que dans la région orientale, qui ne s'étend guère sur plus de 6 à 7 km².

STRATIGRAPHIE

Le socle

Le socle est partout formé de terrains cristallophylliens mal datés : schistes métamorphiques, cornéennes, nommées souvent « chloritoschistes de la Brévenne », et désignés par Albert Michel-Lévy sous le nom de « micaschistes chloriteux et amphiboliques ». Ils paraissent en plusieurs points mylonitisés et sont fréquemment traversés de filons divers : aplite, pegmatique, microgranite, quartz et barytine, ces derniers minéralisés par endroits.

Quelques ouvrages ont recoupé le substratum métamorphique du bassin à des profondeurs variables ;

— le puits Jenny, placé sur la route de Ste-Foy à l'Argentière, non loin de la ligne de thalweg du synclinal dessiné par les couches anciennement exploitées, rencontre à partir de 310 m des schistes chloriteux ;

— le puits des Rosandes, non loin de la limite N, est resté dans les formations sédimentaires, mais un petit travers-banc de 10 m creusé au fond du puits à la cote 148 par rapport à l'orifice, pénètre dans un « porphyre vert ferrugineux » qui est probablement un schiste chloriteux et pyriteux.

Le houiller

On connaît dans le Houiller de Ste-Foy des poudingues à galets de microgranite, de quartz, de chloritoschiste, de cornéenne : des arkoses et des grès (parmi ceux-ci, un grès fin argileux nommé « savon ») ; enfin des argiles, très abondantes, prenant la place habituellement occupée par les schistes dans les autres bassins. On les observe à tous les niveaux, mais elles se développent encore vers le haut de la série houillère ; noires et chargées de particules charbonneuses au voisinage des couches, grises ou jaunâtres, quelquefois rouges (sous la couche 3 au puits de l'Argentière, sous les poudingues de Meys, aux carrières de Brûlevant, à Chamousset, sur la route de St-Genis) et souvent alors mélangées à des arkoses également rubéfiées.

Deux faisceaux charbonneux existent à Ste-Foy :

a) Le *faisceau des Rosandes*, recoupé par le puits de même nom, comprenant trois veines numérotées 1 à 3 de haut en bas, réparties sur 85 m. Il ne fut l'objet que de recherches superficielles peu étendues dans le NW du bassin. Il passe peut-être, réduit, à la partie inférieure du puits Jenny, entre 180 m et 310 m.

b) le *faisceau de Ste-Foy*, renfermant 3 couches numérotées 1, 2, 3, de haut en bas, situées, dans le puits Fenoyl, à 167 m, 246 m et 257 m.

La couche n° 1, épaisse de 0,50 m, fut rarement exploitée ; de même la couche 2, puissante de 2 à 3 m mais très schisteuse. Seule la troisième, d'une ouverture de 1,20 m à 2,40 m, retint l'attention des exploitants.

Quoique nulle part on ne connaisse encore le premier de ces faisceaux normalement développé sous le second, les couches des Rosandes paraissent les plus anciennes, si l'on tient compte de la disposition des bancs. On observe à Ste-Foy les séries stratigraphiques suivantes :

— à l'extrémité N du bassin

une succession de grès, conglomérats et gores, de plus de 150 m, avec, probablement, des conglomérats en contact avec le socle (une faille ne permet pas de juger de leur épaisseur réelle (puits des Rosandes).

— plus au S, entre Ste-Foy et l'Argentière ;

1°) à la base, une formation dite *conglomérat inférieur* d'une quinzaine de mètres (puits Jenny).

2°) une alternance de gres, grès et poudingues, mesurant 130 à 150 m, dans laquelle viendrait se perdre, réduit et pratiquement stérile, le faisceau des Rosandes.

3°) le *faisceau de Ste-Foy*, réparti sur 80 m (puits Fenoyl).

4°) enfin, une épaisse série de grès, d'arkose et d'argile rubéfiée par place, avec quelques filets charbonneux, qui dépasse 600 m et peut en atteindre 1.000.

— dans la partie méridionale

enfin, une succession de gore, grès et conglomérat dans laquelle on ne connaît pas le prolongement du faisceau de Ste-Foy, mais quelques affleurements charbonneux non reliés aux couches connues. Les conglomérats prennent un grand développement vers Meys, renfermant çà et là de minces filets de houille. Un puits de 400 m aurait jadis été foncé à l'embranchement de la route de Meys, puits dont nous n'avons pu retrouver la coupe ; il se serait avéré stérile.

Grand Eury écrivait déjà (34, p. 503), à propos du bassin de Ste-Foy : « Les empreintes y sont rares et mal conservées ». Il cite comme reconnues à Ste-Foy les espèces suivantes : « *Pecopteris polymorpha*, *Alethopteris ovata*, *Cordaïtes*, *Sphenophyllum oblongifolium*, *Pecopteris arguta* » ainsi que d'autres formes d'un moindre intérêt stratigraphique : « *Psaroniocalyon*, *Annularia*, *Samaropsis*, etc ». Il classe les assises de Ste-Foy « au niveau des couches élevées de St-Etienne ». Il mentionne d'autre part la présence, dans les terres cultivées au voisinage des puits, de *Dadoxylon*.

Les recherches que nous avons nous-mêmes entreprises n'ont livré, à part quelques fragments indéterminables, que d'assez nombreux échantillons de *Cordaïtes*, cf. *lingulatus* G.E. Il semble donc bien que les couches de Ste-Foy doivent être attribuées à l'étage de St-Etienne, sans qu'il soit possible, pour le moment, de préciser davantage. Nous avons retrouvé d'autre part *Dadoxylon* dans les carrières de Brûlevent ; l'existence de Permien inférieur est-elle possible ? Rien ne permet de répondre dans un sens ou dans l'autre à cette question ; les *Dadoxylon*, signalés à Blanzay, à Autun, dans le Permien, le sont également dans le Stéphanien de la Loire. Les gres rouges se trouvent également interstratifiés dans cette dernière formation. Le seul indice en faveur de la présence du Permien serait l'abondance des argiles ; mais on expliquerait aussi bien celle-ci par la nature des roches dont la décomposition a fourni les sédiments du bassin.

TECTONIQUE

Les travaux faits en couche 3 du faisceau de Ste-Foy montrent le bassin plissé, dans sa partie N, en synclinal dyssymétrique dont le bord SE est en partie coupé par l'accident-limite. Les couches se relèvent également vers le NE et dessinent en plan une demi-ellipse dont le grand axe est à peu près parallèle à la vallée de la Brévenne.

La partie méridionale est plus difficile à étudier, en raison de la nature couverte du terrain et du manque de repères. Les bancs à *Dadoxylon* de Brûlevent se retrouvent dans une glaisière à 1 km au SW. Plus loin, on doit se fier aux assises de poudingues, de gore rouge, étudier leur pendage. En gros, il semble bien que les demi-ellipses dessinées dans la moitié N par les courbes de niveau des bancs se complètent dans la moitié S, et que l'ensemble du bassin prend la forme d'une cuvette allongée suivant la vallée de la Brévenne.

Les exploitations ont reconnu, outre les failles qui bordent le bassin, d'assez nombreux accidents longitudinaux, orientés N55°E, responsables des petits décrochements des galeries de niveau figurés sur la carte de la planche 1. Leurs rejets sont en général au NW au voisinage de la faille limite SE, en sens inverse

à proximité de la bordure N. Les failles transversales sont moins nettement visibles.

CONCLUSION

Le bassin de Ste-Foy est un synclinal dyssymétrique, orienté N 55°-60° E, relevé à ses deux extrémités. Le bord méridional est en partie tronqué par une faille contre laquelle le pendage croît rapidement. Les bordures NW et W sont également faillées, l'inclinaison restant régulière. A l'E et au N, la limite est constituée en partie par un accident, en partie par un contact sédimentaire.

Un faisceau inférieur, celui des Rosandes, n'est connu qu'à l'extrémité N du bassin et semble se réduire et se stériliser rapidement au S de Ste-Foy. Un faisceau supérieur, dit de Ste-Foy, le surmonte. Si l'on en croit certains renseignements oraux, ainsi que les procès verbaux de visite des ingénieurs des Mines, la couche 3 se schistifierait dans la partie occidentale de la concession de Ste-Foy, à l'W et au NW de l'Argentière. Nous ne considérons pas ceci comme formellement démontré. S'il en était ainsi cependant cette disparition progressive des couches vers le SW, d'autant plus tardive que la couche est plus haute, laisserait penser à une transgression dirigée du NE au SW. Les poudingues de Meys seraient une formation de bordure.

Les petits bassins houillers de la bordure orientale du Massif Central

Nous compléterons cette description des principaux bassins houillers par celle des petits gîtes stéphaniens épars le long de la bordure orientale du Massif central, gîtes de superficie réduite ou épuisés et d'intérêt pratique nul. D'intéressantes découvertes géologiques ne sont pas à exclure ; mais le manque de temps nous a contraint à en ajourner l'étude détaillée.

BASSIN DE NEFFIES (voir 24, p. 233-34 et 32, p. 67-71).

On réunit sous le nom de bassin de Neffies une série de petits affleurements houillers répartis en une bande discontinue orientée ENE-WNW, longue de 12 km, située à 20 km au SE de Graissessac. Les trois principaux se trouvent, l'un au N de Fouzilhon, les deux autres au N et au NE de Neffies. Les terrains dévoniens et dinantiens du socle forment, au N, une large bande, tandis que le Carbonifère disparaît au S sous les assises permienues et secondaires.

D'après B. Gèze, le Stéphanien y est constitué de schistes argileux, de grès fins micacés, de grès et conglomérats à galets de quartz, calcaire dévonien ou dinantien, schistes et porphyre.

Le lambeau oriental fut exploité avant 1890 et fournit 130.000 tonnes. On y distinguait à la base un *système de Caylus* avec une couche sale de 2 m, puis le *système du Bousquet*, avec 4 veines d'une ouverture de moins de 1 m, enfin le *système supérieur* renfermant une couche barrée de 1,65 m.

Au N de Fouzilhon, à l'W du bassin, on ne connaît qu'une couche de 1.50 très sale et tourmentée.

Le Houiller de Neffies serait classé dans « l'étage intermédiaire de St-Etienne » (Desrousseaux).

Toujours selon B. Gèze, la puissance de ce Houiller n'excéderait pas 110 m. il serait recouvert par un Autunien bien daté, épais de 50 à 200 m. Cet auteur admet que le Permien, déposé sur un Stéphanien déjà érodé et faillé, débiterait par un conglomérat, quoique les deux étages soient assez difficiles à distinguer l'un de l'autre lorsqu'ils sont tous deux représentés. Il semble raisonnable de conclure à la répétition des faits observés à Graissessac : légère lacune hypothétique entre Stéphanien et Permien, en relation avec une exondation, mais sans mouvement important. Il ne faudrait pas attribuer aux conglomérats permien de Neffies plus de valeur qu'à ceux de Graissessac, qui, nous l'avons vu, ne sont pas en réalité à la base de l'Autunien, mais légèrement au-dessus.

BASSIN DE SUMENE (Gard) (24, p. 242).

Au N et à l'E de Sumène, quelques affleurements houillers, dont la superficie totale est inférieure à 1/2 km², reposent sur le Cambrien. Le plus oriental de ces lambeaux est limité à l'E et au S par deux failles au-delà desquelles la surface est occupée par les terrains secondaires.

Le flore du bassin de Sumène se rapprocherait de celle de la Grand'Combe. On y connaîtrait 5 couches non exploitées.

BASSIN DU VIGAN-MOLIERES (Gard) (24, p. 242).

Au S et au SW du Vigan, comme à Sumène, quelques lambeaux stéphanien existent au-dessus du Cambrien. L'un d'eux est limité à l'W et au S par des failles qui le mettent en contact avec le Secondaire. Il renfermerait trois couches réparties dans une centaine de mètres de grès et conglomérats rougeâtres.

BASSIN DE PRADES (Ardèche) (24, p. 120-122 et 38).

Au S de Jaujac, dans l'Ardèche, le Houiller affleure suivant une bande allongée de l'E. à l'W, reposant sur un socle cristallophylien. Longue de 14 km, elle se termine en pointe vers l'W ; à l'E de Jaujac, sa largeur atteint 2 km.

On y distingue 4 faisceaux :

— un *faisceau inférieur*, avec deux couches très plissées, d'épaisseur très variable (0,20 m à 10 m pour la couche 0, jusqu'à 20 m pour la couche 2), ces irrégularités d'épaisseur devant être attribuées à des phénomènes tectoniques violents. Le faisceau inférieur serait localisé à l'E et au NE.

— un *faisceau moyen* de 4 couches assez régulières (0,50 m à 1 m.) affleurant à l'W de Prades.

— un *faisceau 3*, exploité à l'E de Jaujac, formé de 9 couches très redressées et qui disparaîtraient en profondeur,

— un *faisceau 4*, mal connu, qui affleure au N de St-Cucques.

Le faisceau 3 se retrouverait à l'W de Jaujac.

Le bassin avait fourni 1.660.000 t en 1937, et serait actuellement presque épuisé. Grüner classait le gisement de Prades dans l'étage de Rive-de-Gier ; cependant, M. Lapadu-Hargues mentionne la présence de nombreuses Cordaites.

La tectonique serait complexe ; selon M. Lapadu-Hargues, il existerait, près du bord, des surfaces de chevauchement inclinées sous un angle inférieur à 20°, le long desquelles le Cristallin recouvre le Carbonifère.

LAMBEAUX HOUILLERS DE LA BREVENNE (Rhône).

En plus du bassin de Ste-Foy-l'Argentière, on connaît, dans la vallée de la Brévenne, au S de Bessenay, un affleurement carbonifère allongé

dans le sens de la vallée, sur 4 km environ. Il est bordé au S par une zone de mylonite.

Un autre témoin de dimensions beaucoup plus restreintes encore se trouve vers l'Arbresle.

LAMBEAUX HOUILLERS FIGURES SUR LA CARTE GEOLOGIQUE A L'W ET AU NW DE VILLEFRANCHE.

On remarque sur la feuille de Bourg de la carte géologique de France plusieurs témoins stéphanien qui sont tous orientés N 30° W - S 30° E, et se trouvent probablement en relation avec des failles de même direction.

Le plus important est celui de St-Paul, long de 2 km, reposant sur des schistes et quartzites d'âge indéterminé, recouvert en son centre par le Trias, et qui renfermerait une petite couche de houille. D'autres sont connus, sur un socle granitique : entre St-Bonnet-le-Troncy et St-Nizier-d'Azergues : près de St-Just-d'Avray : au N de Corcelette.

BASSIN DE FORGES (Saône-et-Loire) (26 et 24, p. 96-97).

Le bassin de Forges a la forme, sur la feuille de Chalon, d'un parallépipède de 3,5 km de long, 0,3 de large, orienté S 60° W - N 60° E qui se prolonge, au SW, par deux petits lambeaux en partie recouverts par le Trias.

Il repose sur le granite, contre lequel il bute par faille au NW ; cet accident paraît fort analogue à ceux décrits à Blanzky sous le nom de faille de Sanvignes, faille des Martenets, etc.

L'extraction totale est de 21.000 tonnes. On connaissait 4 couches voisines de 1 m.

Le Houiller de Forges serait à peu près contemporain de celui de Blanzky.

LAMBEAUX FIGURES AU NW D'AUTUN SUR LA FEUILLE DE CHATEAU CHINON.

L'un de ces lambeaux se situe à 20 km au NNW d'Autun, près de Mennessant, sur un socle granitique et porphyrique.

Au NW de Chateau Chinon, de nombreux témoins houillers s'allongent, soit d'E en W, soit du N au S ; le plus important est celui de la forêt de Montreuillon, long de 12 km. Le socle est formé de granite et de rhyolite : ce sont peut-être les restes, conservés le long des failles et dans les fonds de synclinaux, d'un ancien bassin presque entièrement érodé.

BASSIN D'AUBIGNY LA RONCE.

A 8 km à l'E d'Epiais, une grande faille N-S passe par Santosse, effondrant les terrains dans le compartiment oriental, tandis qu'à l'W le Trias repose sur le granite en général ; néanmoins, un petit paquet de Houiller se place entre granite et Trias, renfermant deux couches.

BASSIN DE SINCEY (Yonne).

A l'ESE d'Avallon, le bassin de Sinceny dessine une longue bande de 20 km orientée E-W, de largeur très réduite, présentant deux renflements ne dépassant pas 500 m. Seule la partie orientale fut exploitée ; aujourd'hui épuisée, elle a fourni 275.000 tonnes. La région occidentale est stérile. Les couches se présentaient en lentilles subverticales et irrégulières.

CHAPITRE VII

Etude de quelques phénomènes géologiques dans les bassins houillers limniques

CARACTERES GENERAUX DES PRINCIPAUX GISEMENTS DE LA BORDURE ORIENTALE DU MASSIF CENTRAL : COMPARAISON AVEC D'AUTRES GISEMENTS EUROPEENS.

Les observations faites au cours de mes recherches m'ont permis de préciser certaines notions générales relatives à la formation et l'évolution des bassins houillers limniques, notions qui peuvent être d'une certaine utilité pratique. Je crois nécessaire, d'autre part, de résumer les principaux caractères communs aux différents gisements de la bordure orientale du Massif Central, de les comparer à ce que l'on connaît dans d'autres régions de France et d'Europe.

J'ai donc réservé à ces questions, dont l'exposé est trop long pour figurer dans la conclusion générale, un dernier chapitre.

FORMATION DES BASSINS

Je ne développerai pas, ici, les différentes théories relatives à la genèse de la houille, dont j'ai rappelé quelques principes au chapitre I (voir entre autres, à ce sujet, les ouvrages de P. Pruvost (55), Bouroz (13), Duparque (30). J'examinerai cependant comment elles s'appliquent aux types de gisements que nous venons d'étudier.

Nous retiendrons trois modes de formation de la houille :

- par accumulation de végétaux flottés, de plancton, etc.
- par croissance d'une forêt sur les rives d'un lac, amoncellement de débris de plantes devant cette forêt, avec transport limité, et montée des eaux qui recouvre les végétaux accumulés de sédiments stériles.

- par la présence d'un delta sur lequel s'établit une vaste tourbière, submergée de temps à autre lors de débordements amenant des matériaux détritiques (15).

Le premier mode explique la naissance des charbons sapropéliques, celle de gîtes locaux, de lentilles isolées.

Le second me paraît rendre compte de l'apparition de bassins houillers d'une certaine étendue ; la présence d'un plan d'eau unique et vaste se déplaçant d'un seul ensemble, est indispensable pour réaliser un gisement tel que celui de Molières-St-Florent. L'énorme accumulation des schistes à Esthéries de la zone inférieure du Gard suppose une sédimentation calme sur un grand espace et durant une longue période. Enfin, une transgression comparable à celle de Graissac suppose l'existence d'une cuvette houillère primitive qui s'étend par la suite.

Je crois que le troisième mode ne saurait être pris en considération pour les bassins limniques, en raison de ce qui vient d'être dit. Mais, en faisant appel aux apports des rivières et aux perturbations locales dues aux courants, les géologues

belges ont expliqué un certain nombre d'irrégularités observées dans les gisements houillers; une lentille gréseuse dans une couche serait due à l'action d'une rivière (ou d'un courant) érodant une partie de la couche ou de l'amas végétal, et apportant, à la place, des sédiments gréseux. Au bout d'un certain temps, le cours d'eau change de place, la végétation envahit le toit de cette formation stérile et donne naissance à un nouveau dépôt charbonneux qui se raccorde latéralement à la veine primitive. A l'intérieur de la « boule » peuvent apparaître des « cannel-coal » provenant d'algues (15, p. 308).

Voici ce que j'ai pu observer :

A) *Bassins où la sédimentation n'est pas trop grossière.*

Ce serait le cas de Graissessac dans la partie orientale, à l'E des Salles.

On aperçoit nettement une transgression vers une certaine direction (qui, à Graissessac, par exemple, est d'W en E). Lorsque l'on suit un faisceau dans le sens de cette transgression, les intervalles entre les couchent diminuent progressivement, les différentes veines finissent par confluer en quelques-unes qui disparaissent elles-mêmes par réduction d'épaisseur et stérilisation. Le même phénomène se répète, avec un certain décalage, dans le faisceau du toit. En direction opposée, c'est-à-dire vers le centre de la cuvette, les couches se stérilisent également, mais cette fois, par manque d'apports végétaux.

D'autres exemples pourraient être pris dans le Gard, confirmant ce qui vient d'être dit (développement du faisceau de Ricard vers l'E, stérilisation des couches de zone 6 dans cette direction, allure du faisceau des Lumières, etc).

La transgression s'explique par une montée des eaux du lac par rapport au seuil primitif, montée provoquée par le remblaiement déjà effectué, par des mouvements lents et continus du sol. Quand à la diminution d'épaisseur des faisceaux vers les bords, elle aurait pour cause :

- une certaine déformation de la cuvette (léger relèvement des bords).
- le fait qu'entre deux subsidences, les points les plus éloignés du centres restent moins longtemps inondés.
- un moindre apport de sédiments vers le bord (ceci peut se produire si les matériaux sont d'origine lointaine, amenés par un cours d'eau relativement important et répartis par les courants).

B) *Bassins où la sédimentation est abondante et grossière sur la bordure.*

Si le bassin n'est pas trop éloigné d'un relief encore vigoureux et qu'une érosion assez active amène, par des torrents, un apport côtier important, le phénomène précédent reste visible jusqu'à une certaine distance de la bordure. Plus près de celle-ci, des cônes de déjection peuvent s'intercaler, à plusieurs reprises, au milieu des amas végétaux; sur chacun d'eux, la forêt s'installe à nouveau (processus assez analogue à la formation des lentilles décrite plus haut); la couche de houille se sépare alors à nouveau vers le bord en une série de branches qui divergent et se coincent rapidement (grande couche de Perrecy, voir coupe 66, pl. 6). Ce type de gisements serait plus sujet aux irrégularités diverses dues à l'action des courants et des rivières.

ORIGINE DES SUBSIDENCES

Dans le cas des bassins limniques, je vois quatre causes principales au phénomène de subsidence :

- des mouvements épirogéniques limités,
- d'autres mouvements déformant lentement la dépression houillère (voir à ce sujet p. 161 Delafond cit. et P. Pruvost, 57, p. 416).

- des modifications survenant au cours des émissaires, résultat d'une action plus ou moins lointaine (les terrasses alluviales quaternaires montrent que l'étiage d'un fleuve se modifie plusieurs fois dans un intervalle géologique assez court).

- le jeu de certains accidents. P. Termier remarquait déjà l'association fréquente des bassins houillers et des zones de mylonites. On admet aisément que la formation de la cuvette houillère et les subsidences qui sont à l'origine des couches de houille soient favorisées par la présence de telles zones, le long desquelles s'effectuent une série de mouvements séparés probablement par des périodes de repos plus ou moins longues.

Le rôle des failles ne doit pas être négligé : beaucoup de bassins limniques du Massif central sont bordés par une faille importante contre laquelle, souvent, les couches se redressent, ou deviennent irrégulières (Graissessac, St-Etienne, Ste-Foy, etc). A propos du Grand Sillon houiller, M. Letourneur écrit, dans une récente thèse encore inédite (39) : « pendant cette période (houillère), la cuvette houillère tend à se déprimer un peu plus, par le jeu de la faille maîtresse qui relève périodiquement l'un des compartiments bordiers » (selon cet auteur, l'accident majeur est en relation avec des mylonites). Nous avons vu, d'autre part, que beaucoup de failles importantes ont joué à des époques fort éloignées, quelquefois même dans les deux sens (cas de certains accidents de Blanzay, antétriasiques mais jouant au Tertiaire, de la faille de la rivière dans le Gard, etc). Il probable que de tels accidents sont la somme d'une série de petits mouvements verticaux, dont une partie agit durant l'ère stéphanienne elle-même.

NATURE ET MODE D'APPORT DES SEDIMENTS

- Les galets des conglomérats houillers montrent en général les débris des roches avoisinantes, ce qui indique une origine locale ou régionale de ces matériaux ; dans le cas contraire, des galets allochtones particulièrement résistants aux actions de transport devraient se retrouver dans les niveaux stéphanien (le Rhône actuel charrie des galets alpins jusque dans son cours inférieur).

Du fait que l'on retrouve fréquemment en place, non loin des bassins, les roches dont les éléments se voient dans les poudingues houillers, on peut conclure à la présence d'un socle dont la structure et la composition géologique ne différerait pas foncièrement des actuelles ; métamorphisme assez poussé, couverture sédimentaire paléozoïque plissée, disloquée et largement érodée. Ceci corrobore l'opinion de nombreux géologues (voir en particulier Thorat, 72, p. 282), selon laquelle l'orogénèse antéstéphanienne domine nettement l'orogénèse poststéphanienne.

- La mise en place des matériaux n'a pas toujours lieu suivant un processus identique :

- a) ou bien l'alluvionnement se fait sur la périphérie de la cuvette houillère, par un certain nombre de rivières de faible ou moyenne importance. Les sédiments sont alors grossiers, et d'autant plus que l'on se rapproche de la bordure ou des reliefs. Ce serait le cas dans le Gard ;

les conglomérats à galets de micaschiste abondent au voisinage des massifs cristallins, c'est-à-dire vers l'E, mais leur répartition est assez homogène du N au S.

b) ou bien cet alluvionnement s'effectue principalement en un point de la cuvette ; là se forme un grand cône de déjection, où se localisent les dépôts grossiers ; si l'on s'en éloigne, on observe un classement des sédiments, les éléments fins ou moyens prédominant.

Il en serait ainsi à Autun (voir la carte extraite des notes de M. Pruvost et reproduite Pl. 7) ; la décharge principale se trouve à l'E, et les schistes bitumineux autuniens viennent se perdre, dans cette direction, à travers le cône de déjection que représente l'ancien étage du Mont Pelé.

Je crois voir un exemple analogue à Graissessac ; les brèches et poudingues envahissent une grande partie de la région orientale, tandis qu'ils se montrent fort rares (même au contact du socle) dans les districts orientaux du bassin.

Bien entendu, rien n'est absolu dans la nature, et les deux modes d'alluvionnement peuvent coexister, l'un prenant le pas sur l'autre selon les circonstances.

— on conçoit qu'au cours des subsidences répétées, une exondation de plus longue durée intervienne, marquée par une lacune. La sédimentation reprend ensuite sans discordance notable. De telles lacunes sont connues au-dessus du Stéphaniens moyen d'Epinaç, dans le bassin d'Autun ; entre les niveaux de l'Orb et le Permien, dans celui de Graissessac. A St-Etienne, de Maistre note : « le nord ouest du bassin semble présenter des lacunes dans la région stérile à l'E de Terrenoire où il existe plusieurs niveaux de roche rouge dans les poudingues ».

— les roches rouges, en effet, ne sont point l'apanage du Permien. Assez fréquemment observées dans les gisements stéphaniens, elles se trouvent en général au milieu des dépôts grossiers. Outre l'exemple précédent cité par de Maistre, je rappelle les conglomérats de la région de Plaisance-St-Geniès, dans le bassin de Graissessac, couramment rubéfiés.

Ce phénomène est, je crois, en rapport avec une exondation.

— les bancs de lithologie plus ou moins particulière marquent l'attaque épisodique d'un relief par l'un des cours d'eau alimentant le lac houiller, attaque qui cesse, soit par disparition du relief, soit par changement de lit de ce cours d'eau.

— les schistes bitumineux sont des dépôts d'eau calme ; ils prennent naissance dans la partie centrale de la cuvette houillère, tandis que le combustible se répartit dans une zone marginale proche du bord. Le fait de rencontrer une formation de schistes bitumineux au milieu d'un faisceau de veines, et même, comme à Graissessac, au toit de l'une d'entre elles (voir p. 80) laisse supposer un élargissement momentané du lac carbonifère ; phénomène contraire aux exondations avec lacunes envisagées plus haut.

Au Permien inférieur, ces schistes bitumineux prennent une extension telle qu'on les a longtemps considérés comme le faciès caractéristique de cet étage. M. Pruvost a montré (voir Pl. 7) que l'on pouvait fort bien observer le passage latéral des faciès bitumineux et littoraux ; nous avons vu (p. 100) qu'à Bert le Permien à *Callipteris* renfermait un gisement de charbon relativement important. Je crois que l'on peut interpréter tout ceci de la manière suivante :

le remblaiement stéphanien des dépressions limniques entraîne corrélativement un agrandissement des lacs et des aires de sédimentation lacustre ; et la formation de schistes sapropéliens se généralisera en dehors des zones de delta ; elle gagnera même sur celles-ci entre les périodes pluvieuses : d'où alternance de faciès bitumineux fins et de faciès grossièrement détritiques sur une même verticale.

Je me permettrai une dernière remarque concernant les schistes bitumineux apparus dans le Stéphanien : si l'élargissement de la cuvette houillère qu'ils supposent est dû à une cause régionale et non strictement locale, les niveaux bitumineux à poissons pourraient constituer un repère de bassin à bassin. Il est évidemment impossible d'émettre une conclusion précise à l'heure actuelle. Je me borne à envisager cette hypothèse.

AGE DES DIFFERENTS BASSINS

Depuis que P. Pruvost et P. Corsin (61) ont classé les niveaux inférieurs du Gard dans le Stéphanien, il n'existe plus dans la partie orientale du Massif Central de gisement westphalien.

Le *Stéphanien inférieur* à *Mixoneura flexuosa* G. E. et à *Pecopteris lamurensis* Heer n'est connu que dans le Gard, à St-Etienne et sans doute à Graissessac ; les schistes à Esthéries de Gagnières représentent probablement les niveaux les plus anciens.

Les flores intermédiaires entre celle de Rive-de-Gier et de St-Etienne se trouvent dans les trois bassins précédents.

Le *Stéphanien moyen*, défini comme assise à flore de St-Etienne ne renfermant pas d'espèce permienne, serait largement répandu ; on lui rapporte les horizons 5, 6 et 7 du Gard, la plus grande partie des faisceaux exploités à Graissessac, les couches dites « Grüner » à Saint-Etienne, les grandes couches de Montceau ainsi que la majeure partie des autres gîtes du bassin de Blanzzy, les couches d'Epinac et la plupart des petits bassins de la bordure orientale du Massif central.

Le *Stéphanien supérieur* n'est pas représenté dans le Gard ; il l'est peut-être à Graissessac, mais sans preuve paléontologique nette. A Blanzzy, on lui attribue l'assise des Carrières, à St-Etienne, l'assise d'Avaize. Si l'on classait autunien l'étage de Molloy, le Stéphanien supérieur ferait défaut à Autun. En réalité, ces couches de Molloy sont à peu de chose près contemporaines de la zone de Bellevue du bassin de St-Etienne ; elles appartiennent à « l'étage ambigu » de Grand'Eury, et, à Autun, c'est entre ce dernier et le Stéphanien moyen d'Epinac que s'observerait une lacune. De telles lacunes, que ne soulignent aucune discordance susceptible d'évoquer une phase orogénique notable, mais seulement la trace de transgressions locales, sont en relation, ainsi qu'il a été vu plus haut, à une exondation momentanée.

Ailleurs, dans les petits bassins souvent imparfaitement connus, il est difficile d'affirmer ou de contester la présence du Stéphanien supérieur.

Ainsi le Stéphanien inférieur ne serait représenté que dans le S et le SE du Massif central. Ailleurs, seuls existent les étages moyens et

supérieurs ; selon M. Letourneur, ces derniers niveaux remplissent le Sillon Houiller. La sédimentation houillère aurait donc débuté dans la région sud orientale, pour s'étendre dès le Stéphanién moyen à une série de dépressions situées au N ou à l'W.

LE PERMIEN INFÉRIEUR ET SES RELATIONS AVEC LE STEPHANIEN

Après le Stéphanién s'opère une sédimentation peu différente de celle du Houiller, mais où les niveaux d'argile colorée et les schistes bitumineux deviennent plus fréquents. A St-Etienne, à Blanzky, l'évolution de la flore est progressive ; on observe, dans les « zones de passage autuno-stéphaniennes » (assise de Bellevue à St-Etienne, assise de Perrecy à Blanzky) l'apparition des espèces permienues dans un « fond » encore stéphanién.

A Graissessac, Carbonifère et Permien apparaissent concordants, une lacune existe cependant entre eux, marquée par un léger changement de faciès.

Enfin, nous venons de voir qu'à Autun, si l'on connaît une lacune correspondant à l'absence des niveaux équivalents à l'assise d'Avaize, la « zone autuno-stéphaniénne » subsiste, représentée par l'étage du Grand Molloy.

Du reste, cette continuité du Stéphanién et de l'Autunien, déjà admise par Termier, l'est maintenant par la plupart des géologues. MM. Pruvost et Jongmanns (62) englobent ce Permien inférieur dans leur étage « Pennsylvanien » qui, en Europe, réunit Wesphalien, Stéphanién et Autunien.

Nous insisterons sur le fait que « continuité » ne veut pas dire « absence totale de mouvement » mais « absence de coupure importante et générale » : nous reviendrons plus loin sur cette question.

En Sarre, selon P. Pruvost (56), N. Théobald (71), l'assise de Küsel est en concordance sur celle de Breitenbach, la plus élevée du Stéphanién. Dans le Sillon Houiller toutefois, M. Letourneur classe permienues, d'après leur faciès, des niveaux à peine ondulés reposant sur un stéphanién plissé : mais il s'agit là de lambeaux restreints sans fossile.

LE PERMIEN MOYEN ET SUPERIEUR : SES RELATIONS AVEC L'ETAGE INFÉRIEUR

J'ai montré la continuité de l'évolution de toute la série permienne dans les bassins de l'E du Massif central :

à Graissessac, on passe du faciès autunien aux « ruffes » par des niveaux alternativement gréseux, marneux ou schisteux, dont l'aspect rappelle soit l'Autunien typique, soit le « Saxonien ». Par la multiplication des bancs de marne rouge, des grès à ciment rubéfié, on aboutit insensiblement aux « ruffes ». Ceci confirme les observations de B. Gèze à Lodève (32, p. 67-71) qui voit également, entre les schistes ardoisiers fins à flore de *Callipteris*, *Toeniopteris* et *Walchia* de l'Autunien supérieur et les grès rouges, « un passage progressif, avec fréquentes récurrences de faciès inférieur ».

Comme dit ci-dessus, des récurrences à faciès autunien se voient également au milieu de dépôts grossiers et rougeâtres dans le bassin d'*Autun* (51).

A *Blanzy*, lorsque l'on monte dans la série, les *schistes à Walchia* font progressivement place à des niveaux gréseux qui constituent ce que nous avons appelé le Permien moyen (Saxonien inférieur de *Delafond*) ; par des arkoses à ciment rubéfié, des grès violacés, on passe aux grès rubannés caractéristiques de l'étage supérieur (Saxonien supérieur de *Delafond*).

A *St-Etienne*, enfin s'observe, au Jardin des Plantes, et sur la route allant du cours Fauriel à Terrenoire, une série de récurrences de grès rubéfiés et d'arkoses grises, de grès sillonnés de moules de vers, que dominent les grès et marnes rouges.

Il est malaisé de dater les formations supérieures permienes. Du reste, rien ne permet d'affirmer qu'elles sont contemporaines dans les différents bassins. Nous assistons vraisemblablement au comblement définitif des cuvettes houillères. A la fin, le régime lacustre fait place uniquement à un régime torrentiel, en même temps qu'une modification du climat favorise les altérations continentales. Il est probable que ces changements sont déjà intervenus au cours de l'Autunien et que, dans le Massif Central, c'est à cet étage qu'il faut rapporter la plus grande partie au moins et sans doute la totalité des *grès rouges* dits « Saxoniens ».

En Sarre, le Permien inférieur, concordant avec le Stéphanien aurait une puissance totale de 1.300 à 2.000 m (71, p. 25) ; l'assise de Tholey, sommet de la formation, est gréseuse, avec lits de conglomérat et schiste rouge. Le Permien supérieur reposerait en discordance sur cette dernière et passe lui-même insensiblement au grès vosgien triasique (56, 71). C'est entre les deux étages permien que l'on place la phase saalienne. Les choses seraient donc ici, apparemment, quelque peu différentes de ce que l'on voit dans le Massif central. On en conclura que :

— ou bien la phase saalienne n'est pas représentée dans le Massif central, et c'est un autre mouvement, plus tardif, peut-être contemporain de la phase palatine de H. Stille, qui est cause de la discordance importante visible entre Permien et Trias,

— ou bien les grès rouges du Massif central sont autuniens et contemporains du Permien inférieur de la Sarre, dont la puissance est comparable à l'épaisseur totale des terrains permien du Massif central.

G. Dubois et J. Sauvage (27, p. 36) notent d'ailleurs qu'en Alsace : « à la limite du Permien inférieur et du Permien moyen se sont produits des plissements hercyniens aigus (2^{me} phase), marqués seulement dans la partie N du territoire (région sarro-lorraine). Au centre et au S, on ne peut mentionner que des cassures ou de larges ondulations peu prononcées de l'écorce terrestre ». Ainsi, les mouvements intrapermiens connus en Sarre perdraient rapidement de leur importance vers le S, et peuvent très bien manquer complètement dans le Massif central.

Dans une communication faite en 1952 au congrès de Heerlen, Me-

lendez signale la présence d'un Permien rouge à *Callipteris* et à *Waltchia* concordant sur le Houiller, lui-même surmonté d'un « Saxonien » rouge discordant.

CONSIDERATION SUR LA NOTION DE PHASE TECTONIQUE : CONTINUITE DES DEFORMATIONS

Lorsque, à la limite de deux niveaux successifs d'une série géologique, existe une discordance importante, on admet que, durant la période écoulée entre le dépôt de ces deux assises, est intervenu un paroxysme orogénique suivi d'une érosion ; c'est ce que l'on nomme une *phase tectonique*.

On a tout naturellement cherché à relier entre elles les observations de ce genre faites dans les différentes parties du monde. Stille, entre autres, aboutit ainsi à cataloguer et à dénommer d'un terme particulier les principales phases tectoniques, qu'il considère comme des phénomènes d'ensemble à échelle continentale.

L.M.R. Rutten, dans un récent bulletin de la Société géologique d'Amérique (64), s'élève contre cette dernière conception ; il montre que beaucoup de mouvements rapportés à une même phase en des localités éloignées sont souvent mal datés, sans correspondance réelle, ou bien n'existent pas.

Quand il est possible d'étudier de plus près le mécanisme d'un plissement, on constate souvent qu'il est la somme de plusieurs mouvements élémentaires suivis ou accompagnés chacun d'une érosion partielle. Là s'introduit la notion de la continuité des déformations, déjà pressentie par Delafond en 1888 ; à propos des bassins de Blanzay et d'Autun, il écrivait (20) : « Nous sommes conduits à admettre que, pour les deux grands bassins de Saône-et-Loire, les mouvements du sol ont joué un rôle capital durant les époques houillère et permienne. Nous croyons que les plis synclinaux dans lesquels se sont formés ces terrains se sont produits progressivement pendant que s'effectuaient les dépôts, que la forme de la cuvette se modifiait d'une manière fréquente, peut-être même continue, de telle sorte que plusieurs formations successives sont fréquemment discordantes ». Ce même auteur situe cependant entre Houiller et Permien d'une part, entre « Autunien » et « Saxonien » d'autre part, deux phases tectoniques.

Lorsque l'on soumet un corps métallique à un essai de traction, une fois la limite d'élasticité dépassée, la déformation se concentre sur une tranche donnée sous forme de striction. Dans le cas de certains aciers doux, si l'on supprime la traction pour la rétablir ensuite, une seconde striction peut naître en un autre point (plusieurs peuvent même apparaître simultanément par suite d'un phénomène d'écrouissage qui accroît la résistance et diminue l'élasticité dans la striction originelle).

Les forces qui sont cause de l'orogénèse agissent à l'échelle mondiale ; la matière réagit par des déformations qui tendent à réduire l'intensité de ces forces ; mais ces déformations sont localisées, à une époque géologique donnée, à l'intérieur de certaines aires ; elles s'y répar-

tissent en une série de mouvements élémentaires successifs affectant plus particulièrement telle ou telle partie. On conçoit donc qu'il ne faille pas considérer une phase tectonique comme un plissement intéressant un domaine très étendu.

Il est probable que de telles déformations continues sont intervenues durant tout le cycle permo-houiller. Après comblement des dépressions stéphanien par des sédiments permien, l'érosion domine ; nous observons entre les niveaux permien et triasiques une discordance notable et nous plaçons là une phase tectonique majeure, qui représente la somme des mouvements intervenus durant l'interruption de la sédimentation. Un tel phénomène ne se manifeste pas nécessairement au même moment dans l'ensemble des bassins houillers.

EVOLUTION DES BASSINS HOUILLERS DE LA BORDURE ORIENTALE DU MASSIF CENTRAL

Sur un socle dont la structure ne semble pas foncièrement différente de ce qu'elle est aujourd'hui, se forment une série de dépressions ; les premières, placées au SE, remontent au Stéphanien inférieur, les autres au Stéphanien moyen.

Outre l'érosion, les plis, les failles et les surfaces de glissement, marquées ou non de mylonites, contribuent à modeler ces dépressions.

A l'intérieur de celles-ci s'établit un régime de sédimentation lacustre ; les cours d'eau apportent les matériaux arrachés par l'érosion aux régions avoisinantes ; matériaux qui se classent au gré des courants, de la plus ou moins grande proximité du rivage, etc. Des subsidences provoquent la formation de couches de houille, d'horizons de schistes bitumineux ; des exondations éphémères peuvent également être cause de lacunes.

A mesure que progresse le comblement des cuvettes houillères, l'aire de dépôt s'élargit, les niveaux supérieurs deviennent transgressifs sur le socle. Le phénomène se poursuit sans changement notable au Permien inférieur, lui-même transgressif en de nombreux points par rapport au Stéphanien ; des mouvements lents et continus du sol, difficiles à reconnaître là où n'existe aucune interruption dans la sédimentation, favorisent cette transgression. L'aire de dépôt continuant à s'accroître, les schistes bitumineux qui prennent surtout naissance dans la partie centrale, deviennent plus abondants.

A une époque qu'il est souvent malaisé de préciser, mais probablement encore à l'Autunien, on assiste au comblement définitif des cuvettes houillères ; le régime torrentiel et continental succède progressivement au régime limnique, en même temps qu'un changement de climat favorise les altérations continentales ; c'est l'apparition des grès rouges, énorme accumulation de sédiments détritiques grossiers.

C'est après le dépôt des grès rouges que se place, dans la partie orientale du Massif central, la dernière phase orogénique du cycle hercynien ; phase qui termine une succession de mouvements répartis dans le temps sur une durée que nous ne pouvons encore apprécier exactement.

CONCLUSION GENERALE

Au terme de ce travail, je condenserai les principaux résultats de mon étude.

BASSIN DU GARD.

Au point de vue stratigraphique, mes recherches confirment l'opinion de MM. Pruvost et Corsin ; le Westphalien n'est pas représenté dans le bassin du Gard.

Les principaux mouvements qui ont affecté le terrain houiller sont antérieurs au dépôt du Trias, et responsables des superpositions anormales et déplacements horizontaux depuis longtemps connus ; ceux-ci, apparemment produits par des forces de composantes horizontales E-W, consistent en une série d'écaillages d'amplitude limitée et variable sur un même méridien. Tous les termes s'observent entre le pli déversé et le pli-faille aboutissant à un charriage de quelques kilomètres. Ces divers plis ou accidents apparaissent successivement, souvent après érosion au moins partielle des plus anciens ; ils se relayent l'un l'autre de telle sorte que le rétrécissement du bassin dans le sens E-W est à peu près constant. De nouveaux mouvements de même style prennent naissance au milieu de nappes déjà formées, compliquant encore la structure. Un même accident peut d'ailleurs, selon son amplitude et selon les terrains qu'il affecte, superposer à une même série des niveaux d'âge différent.

Des plis ou failles importantes antétriasiques, orientés SE-NW, apparaissent ensuite, à l'E de l'éperon cristallin du Rouvergue par exemple.

La tectonique tertiaire se manifeste par des ondulations peu accusées et de nombreuses failles, normales dans le sens N-S ou NE-SW, normales ou inverses dans la direction perpendiculaire.

BASSIN DE GRAISSESSAC.

Dans le bassin de Graissessac fut mise en évidence une transgression des niveaux houillers d'W en E. (au moins dans la partie orientale, seule productive), transgression qui se poursuit au Permien. Aucune discordance n'est observable entre Houiller et Autunien d'une part, entre Permien à faciès « schistes bitumineux » et grès rouges d'autre part.

BASSIN D'AUTUN.

J'ai observé le passage des schistes bitumineux dits « autuniens » aux grès rouges dits « saxonien » par de nombreuses récurrences et imbrications de faciès. Ainsi ces deux termes désignent des faciès ;

mais, en règle générale, les schistes bitumineux dominant à la base du Permien, les grès rouges au sommet ; si bien qu'en grosse pratique, on retrouve la succession admise d'une manière classique, mais sans discontinuité, l'apparition des bancs détritiques et grossiers se faisant à des hauteurs diverses suivant les régions considérées.

BASSIN DE BLANZY.

On remarque entre Montceau et la partie occidentale du bassin une transgression des niveaux houillers et permien dirigés de l'E vers l'W. Ici encore, aucune discordance importante n'existe entre le Houiller et le « Saxonien supérieur » de Delafond. L'ensemble est affecté de plis généralement peu accusés, sauf en quelques points voisins de la bordure, au Creusot et à Montchanin notamment, plis dont la direction est légèrement oblique par rapport à l'axe apparent du bassin, limité au N et au NW par d'importantes failles.

Les autres bassins (Saint-Etienne, le Houiller et l'Autunien du bassin d'Autun n'ayant pas fait l'objet d'un travail personnel de notre part) m'ont apporté des résultats d'une moindre portée générale, relatés dans des conclusions qui suivent chacun des chapitres de la partie descriptive de ce travail.

ENSEMBLE DE LA BORDURE ORIENTALE DU MASSIF CENTRAL.

Je conclus à l'existence d'un cycle permo-houiller, débutant au Stéphanien inférieur, se terminant dans plusieurs bassins par un énorme dépôt de grès rouge, représentant la fin du comblement des dépressions houillères. Rien ne permet de dater l'apparition de ces grès rouges, qui probablement ne fut pas simultanée dans les différents gisements.

Les mouvements qui ont affecté cet ensemble furent continus, favorisant l'extension des grès rouges et du Permien ; ils se sont poursuivis durant toute une période qui n'a laissé aucun témoin géologique daté. Cette période correspond à la lacune séparant les niveaux permien des premiers grès triasiques qui les recouvrent.

Liste des ouvrages cités dans le texte

Abbreviations :

Soc. : Société — Ann. : Annales — Bull. : Bulletin — Sc. : Science — nat. : naturelle — Ac. : Académie — p. : page — t. : tome — vol. : volume — fig. : figure — pl. : planche.

C. R. A. S. : Compte rendu à l'Académie des Sciences.

B. S. G. F. : Bulletin de la Société Géologique de France.

B. S. C. G. F. : Bulletin des Services de la Carte géologique de France.

1. BERGERON J. — 1888. Note sur les bassins houillers de Graissessac et de Decazeville. — *B. S. G. F.*, 3^{me} série, t. XVI ; réunion extraordinaire de la Société Géologique dans l'Allier, p. 1.032-1.034.
2. — — 1889. Etude géologique du Massif ancien situé au S du Plateau Central. — Thèse, Paris ; *Ann. des Sc. géologiques*, t. XXII, 1 vol. in-8°, IV + 362 p., 55 fig., 8 pl., 1 carte en couleur au 1/320.000.
3. — — 1896. De l'extension possible des différents bassins houillers de France. — Extrait des *Mémoires de la Soc. des Ingénieurs civils de France*, 5^{me} série, vol. XIII. bull. de mai 1896, in-8°, 27 p., 5 fig., 1 carte.
4. — — 1912. Notice sur les travaux scientifiques. — 1 vol. in-4°, 98 p., 2 fig., Paris, Steinheil.
5. BERTRAND Marcel. — 1900. Bassin houiller du Gard. *Ann. des Mines*, t. XVII, p. 505-619, 29 fig., 3 pl. dont 1 carte au 1/175.000.
6. BERTRAND Paul. — 1918. Les grandes divisions du Stéphaniens du bassin de la Loire. — *C. R. A. S.*, Paris, t. 167, p. 689-691.
7. — — 1918. Caractères distinctifs des flores houillères de St-Etienne et de Rive-de-Gier. — *C. R. A. S.*, Paris, t. 167, p. 760-762.
8. — — 1919. Sur la flore du Houiller de Lyon. — *C. R. A. S.*, Paris, t. 168, p. 175-177.
9. — — 1920. Succession normale des flores houillères dans le bassin du Gard. — *C. R. A. S.*, Paris, t. 170, p. 331-332.
10. — — 1930. Le sondage du Sanguinet. — Centenaire de la Soc. Géologique de France, livre jubilaire, t. 1, p. 119-132, 1 carte, 2 coupes, 1 tableau.
11. — — 1938. Stratigraphie du Westphalien et du Stéphaniens dans les différents bassins houillers français. — Congrès de stratigraphie carbonifère de Heerlen, p. 93-101, Liège, 1938.
12. — — Notes et rapports inédits figurant aux archives des Houillères des Cévennes, rédigés entre 1918 et 1924.
13. BOUROZ A. — 1940. Faciès et massifs de végétation dans la formation houillère du N de la France. Thèse de Doctorat es Sciences, Université de Lille, 1940, 1 vol. in-8°, 228 p. 10 fig. 81 pl. Imp. Douriez-Bataille.
14. BRUN (P. de) et VEDEL L. — 1909-18. Etude géologique et paléontologique des environs de St-Ambroix. — 1^{re} partie : Houiller, Trias, Infra-lias, *Bull. Soc. Sc. nat. Nîmes*, 1908, t. XXXVII et

- Impr. générale Nîmes, 1919, 1 vol. in-8°, 220 p., 3 pl.;
2^{me} partie: Lias inférieur et moyen, *Bull. Soc. Sc. nat. Nîmes*, 1910, t. XXXVIII et Impr. Générale Nîmes, 1926, 1 vol. in-8°, 134 p., 4 pl.;
3^{me} partie: Lias supérieur, *Bull. Soc. Sc. nat. Nîmes*, 1912, t. XL, et Impr. générale Nîmes, 1931, 1 vol. in-8°, 84 p., 5 pl.;
4^{me} partie: Bajocien, Bathonien, *Bull. Soc. Sc. nat. Nîmes*, 1918, t. XLI, et Impr. générale Nîmes, 1935, 1 vol. in-8°, 107 p., 4 pl.
15. BULLETIN D'INFORMATION CHARBONNIERE BELGE. — 1950, n° 18, p. 290-314 fig. 122-127; n° 20, p. 343-377, fig. 144-173; n° 24, p. 438-463, fig. 204-215.
 16. CALLON J. — 1848. Mémoire sur la géologie et l'exploitation des mines de houille de la Grand'Combe. — *Ann. des Mines*, t. XIV, p. 339-398, 1 carte, 1 pl.
 17. CORSIN P. — 1948. Sur l'âge des couches houillères du bassin de Blanzky. — *C. R. A. S.*, Paris, t. 227, p. 858-860.
 18. — — 1950. Les divisions paléontologiques du Stéphaniien du bassin de la Loire. — *C. R. A. S.*, Paris, t. 230, p. 117-118.
 19. COSTE E. — 1900. Bassin houiller de la Loire. — 1 vol. in-4°, 260 p., 55 fig., 1 carte au 1/80.000; 1 atlas de 1 carte col. au 1/40.000, 6 tableaux, 26 pl. de cartes et coupes au 1/5.000. Collection des études des gîtes minéraux de la France. Imp. nationale.
 20. DELAFOND F. — 1888. Observations faites au cours de la réunion extraordinaire de la Société Géologique dans l'Allier. — *B. S. G. F.*, 3^{me} série, t. XVI, p. 1029-1032.
 21. — — 1889. Bassin houiller et permien d'Autun. — Fasc. 1: stratigraphie, 1 vol. in-4°, 112 p., 15 fig.; carte en couleur au 1/40.000, 4 pl. Collection des études des gîtes minéraux publiée par le Service des Topographies souterraines. Impr. réunies, Anc. Quantin (fasc. 2 par Zeiller-Renault, 3-5 par Sauvage).
 22. — — 1902. Bassin houiller et permien de Blanzky et du Creusot. — Fasc. 1: stratigraphie; 1 vol. in-4°, VI+125 p. 29 fig.; atlas in-folio 13 pl. et cartes coloriées. Collection des études des gîtes minéraux publiée par le Service des Topographies souterraines. Impr. nationale. Fasc. 2; flore, voir Zeiller.
 23. — — 1920. Le terrain houiller sur le pourtour du Morvan. — *B. S. C. G. F.*, t. XXIV, 142, p. 20-27, 12 fig.
 24. DESROUSSEAU J. — 1938. Bassins houillers et lignitifères de France (bassins d'outre-mer avec la collaboration de F. Blondel, L. Clariot et P. Guillaumat). — 1 vol. in-4°, 391 p., 208 fig., 2 pl.; Paris, Impr. nationale.
 25. DESTOMBE J.-P. — 1951. Le Trias du N d'Alès; le sondage de Lacoste. — *C. R. A. S.*, Paris, t. 232, p. 336-338.
 26. DROUOT M. — 1857. Notices sur les gîtes de houille et les terrains des environs de Forges et de la Chapelle-sous-Dun et sur les gîtes de manganèse et les terrains des environs de Romagnéche. — 1 vol. in-4°, 368 p.; 1 atlas in folio de 7 pl. en couleur.
 27. DUBOIS G. et SAUVAGE J. — 1948. Description et explication élémentaire de la carte géologique murale de l'Alsace et de la Lorraine. — Livret du Service de la Carte géologique d'Alsace et de Lorraine. Livret n° 1, 39 p., in-8°. Impr. de l'Université, Strasbourg.

28. DUFRENOY et Elie de BEAUMONT. — 1841-48. Explication de la carte géologique de la France. — T. 1 ; in-4°, XXIV + 825 p., 71 fig., 1841 ; t. 2, in-4°, XII + 813 p., 105 fig., 1848.
29. DUMAS E. — 1875-77. Statistique géologique, minéralogique, métallurgique et paléontologique du département du Gard. — 1^{re} partie ; constitution physique, orographie, hydrographie, 1 vol. in-8°, 227 p., 1875 ; 2^{me} partie : géologie, 1 vol. in-8°, 723 p., 48 fig., 9 pl., 1876 ; 3^{me} partie, exploitation, industrie minérale, itinéraire minéralogique des communes, 1 vol., in-8, 518 p., 1877.
30. DUPARQUE H. — 1933. Structure microscopique des charbons du bassin houiller du Nord et du Pas-de-Calais. — *Mémoires de la Soc. géol. du Nord*, t. XI, 1 vol. in-4°, 547 p., 89 fig. ; un atlas de 66 pl.
31. GARELLA N. — 1843. Etude du bassin houiller de Graissessac. — 1 vol. in-4°, 112 p. ; 1 atlas in folio de 11 pl. en couleur. Collection des études des gîtes minéraux de la France publiée par les soins de l'administration des Mines.
32. GÈZE B. — 1949. Etude géologique de la Montagne noire et des Cévennes méridionales. — Thèse, Paris, 1949 ; *Mémoires de la Soc. géol. de France*, t. XXIX, nouvelle série, n° 62, 1 vol. in-4°, 225 p., 2 tableaux, 7 pl. + 1 carte géologique au 1/200.000 de la Montagne noire et des Cévennes méridionales, en couleur, avec notice, imprimée aux Dernières nouvelles de Strasbourg, 21, boul. Berthelot à Montpellier.
33. GOGUEL J. — Essai d'interprétation de la prospection géophysique de la Bresse et du Bas-Dauphiné. — Public. du B. R. G. G., n° 6, p. 1-78, 33 fig., Impr. nationale, Paris.
34. GRAND'EURY C. — 1877. Mémoire sur la flore carbonifère du département de la Loire et du centre de la France étudiée aux trois points de vue : botanique, stratigraphique et géognostique. — Mémoires présentés par divers savants à l'Ac. des Sc. de l'Institut de France, t. XXIV, n° 1, in-4°, 624 p., 1 carte au 1/80.000 coloriée, 34 pl., 4 « tableaux de végétation ».
35. — — 1887. Formation des couches de houille et du terrain houiller (géogénie). — *Mémoires de la Soc. Géol. de France*, t. IV, 3^{me} série, fasc. 3, in-4°, VII+196 p., 10 pl.
36. — — 1890. Géologie et paléontologie du bassin houiller du Gard. — 1 vol. in-4°, 354 p., 1 atlas de 22 pl. et 1 carte en couleur. St-Etienne, 1890.
37. GRUNER. — 1882. Bassin houiller de la Loire. — 1 vol. in-4°, VI + 235 + 506 p., 36 fig. ; 1 atlas in folio, 1 carte, 10 coupes col., au 1/40.000 ; 26 pl. de cartes et coupes au 1/5.000. Collection des gîtes minéraux de la France. Imp. Quantin.
38. LAPADU-HARGUES P. — 1939. Etude du bassin houiller de Prades. — Diplôme d'études supérieures de Sc. nat., Paris ; 1 brochure in-8°, 22 p., 2 fig.
39. LETOURNEUR. — 1951. Manuscrit.
40. LIVET G. — 1938. Sur le terrain houiller du Gard. — Ouvrage autographié de 297 p. et 436 fig., thèse Université Montpellier 1938. Publié dans la *Revue de l'Industrie Minérale*, n° 472 à 480, mars à nov. 1943 (les références paginales de notre texte se rapportent à cette dernière publication).
41. LOUIS J. — 1946. Nouvelles observations sur le Permien du bassin de Blanzay. — C. R. A. S., Paris, t. 223, p. 426-428.

42. — — 1947. Les grands traits de la tectonique du bassin de Blanzv. — C. R. A. S., Paris, t. 224, p. 135-137.
43. — — 1947. Etude de la structure du bassin houiller et permien de Blanzv. — *Revue de l'Industrie minière*, n° 524, p. 545-559, 3 pl.
44. — — 1948. Une coupe du terrain houiller du Gard au N de Bessèges. — *Compte rendu Soc. Géol. de France*, n° 11, p. 223-224.
45. — — 1949. Les terrains houillers de la rive gauche du Rhône. — B. S. C. G. F., n° 226, t. XLVII, p. 73-76, 2 fig.
46. — — 1949. Tectonique des terrains de couverture du bassin houiller du Gard dans la vallée de l'Auzonnet. — B. S. C. G. F., 5^{me} série, t. XIX, p. 167-174, 2 fig.
47. — — 1950. Sur le Houiller de Graissessac. — C. R. A. S., Paris, t. 231, p. 707-709.
48. — — 1950. Structure d'ensemble du bassin houiller et permien de Graissessac. — C. R. A. S., Paris, t. 231, p. 784-785.
49. — — 1951. Etude d'un bassin permo-carbonifère : le bassin de Graissessac. — *Revue de l'Industrie minière*, n° 574, t. XXXII.
50. — — 1951. Terrains houillers de la rive droite du Rhône. B. S. C. G. F., n° 232, t. XLIX, p. 157-162, 2 fig.
51. — — 1952. Autunien et grès rouges dans le bassin d'Autun. — C. R. A. S., Paris, t. 234, p. 1.699-1.701.
52. MAISTRE (J. de). — 1944. — Sur la classification des couches dans la région SW du bassin de St-Etienne. — *Revue de l'Industrie minière*, n° 485, p. 163-178, 7 fig., 4 pl.
53. — — 1951. Description sommaire du bassin de la Loire. — *Revue de l'Industrie minière*, n° 571, p. 193-215, 9 fig.
54. MARSAUT J.-B. — 1914. Contribution à l'étude du bassin houiller du Gard. — *Bull. Soc. de l'Industrie minière*, 5^{me} série, t. V, p. 338-413, 1 atlas de 45 coupes et 1 carte en couleur au 1/30.000.
55. PRUVOST P. — 1930. Sédimentation et subsidence. — Centenaire de la Société géologique de France. Livre jubilaire, t. 2, p. 544.
56. — — 1934. Bassin houiller de la Sarre et de la Lorraine. — 1 vol. in-4°, 174 p., 33 fig., 3 pl. dont 1 carte au 1/100.000 en couleur. Collection des études des gîtes minéraux de la France publiée par le Service des Topographies souterraines. Impr. Daniel, Lille.
57. — — 1947. Art des Mines et géologie : bilan d'une collaboration. — Centenaire de l'association des ingénieurs sortis de l'école de Liège. Congrès 1947, géologie, p. 401-418, 9 fig. Edité par l'Association des Ingénieurs de Liège, 12, quai P. van Hoegaerden, Liège.
58. — — 1947. La série stéphanienne du bassin houiller de la Loire. — C. R. A. S., Paris, t. 225, p. 1.236-1.237.
59. — — Notes inédites sur le bassin d'Autun, communiquées par l'auteur.
60. — — Notes inédites sur le gisement du Bousquet d'Orb (bassin de Graissessac), aux archives des mines de Graissessac.
61. PRUVOST P. et CORSIN P. — 1949. Westphalien supérieur et Stéphanien inférieur. — C. R. A. S., Paris, t. 229, p. 1.284-1.286.
62. PRUVOST P. et JONGMANS W.-J. — 1950. Les subdivisions du Carbonifère continental. — B. S. C. G. F., 5^{me} série, t. XX, n° 7, p. 335-344.

63. RENAULT et ZEILLER R. — 1890. Bassin houiller et Permien d'Autun. Fasc. 2 : fougères, par Zeiller, 1 vol. in-4°, 229 p., 40 fig., 1 atlas in folio de 27 pl. Fasc. 2 (2^{me} partie) par Renault : 1 vol. in-4°, 578 p., 148 fig., 2 pl. ; 1 atlas de 51 pl. Coll. des gîtes minéraux (v. Delafond).
64. RUTTEN L. M. R. — 1949. Frequency and periodicity of orogenic movments. — *Bull. of. geological Society of America*, vol. 60, nov. 1949, p. 1.755-1.770, 6 fig.
65. TERMIER P. — 1923. Etat actuel de nos connaissances sur la tectonique du Plateau central français. — XII^{me} congrès international géologique de Liège, p. 585-595, Impr. Vaillant, Liège, 1923.
66. — — 1924. Le rôle géologique des mylonites ou roches écrasées. — Soc. géol. belge, 50^{me} anniversaire, livre jubilaire, in-4°, t. 1, fasc. 1, p. 91-93.
67. TERMIER P. et FRIEDEL G. — 1919. Que les plissements et charriages qui ont accidenté le bassin du Gard sont très probablement des mouvements alpins d'âge miocène. — C. R. A. S., Paris, t. 169, p. 1.371-1.373.
68. — — Notes inédites aux archives des mines de Blanzv.
69. — — Notes inédites aux archives des mines de Bessèges.
70. TEISSIER DU CROST H. — 1947. Présence de Permien sur la bordure SE des Cévennes. — *Compte rendu Soc. géol. de France*, 1947, n° 4, p. 76-78.
71. THEOBALD N. — 1952. Aperçu géologique du Territoire de la Sarre. — Publications de l'Université de la Sarre ; 1 vol. in-8°, 78 p., 18 fig., 4 tableaux, 2 coupes, 3 cartes. West-Ost Verlag, Sarrebruck.
72. THORAL M. — 1935. Contribution à l'étude géologique des Monts de Lacauue et des terrains cambriens et ordoviciens de la Montagne noire. — 1^{re} thèse, Paris, 1935 ; 1 vol. in-8°, 307 p., 52 fig., 5 pl. dont 1 carte coloriée au 1/200.000 des monts de Lacauue et de leurs abords. Librairie Béranger, Paris.
73. THORAL M. et LOUIS J. — 1947. Sur le bassin houiller de Ste-Foy-l'Argentièr (Rhône). — C. R. A. S., Paris, t. 225, p. 1.342-1.343.
74. VEDEL L. — 1908. Pétrographie et paléontologie du puits du Malagra à Bessèges. — *Bull. Soc. Sc. nat. de Nîmes*, t. XXXI, p. 24-42.
75. ZEILLER R. — 1906. Bassin houiller et permien' de Blanzv et du Creusot. — Fasc. 1. : stratigraphie, voir Delafond ; fasc. 2 : flore fossile, 1 vol. in-4°, 265 p., 1 atlas in folio, 51 pl. Collection des études des gîtes minéraux publiée par le Service des Topographies souterraines. Impr. nationale.

En raison de l'abondance des travaux concernant le Massif central français, nous avons été dans l'obligation de n'en citer qu'un nombre relativement restreint. Le lecteur trouvera dans les thèses de MM. Thorat (72), Gèze (32), Livet (40), des listes bibliographiques plus complètes concernant la région des Cévennes et de la Montagne Noire ; dans les notes de MM. Pruvost (57) et de Maistre (53) l'indication des principaux ouvrages consultés par ces auteurs au cours des études des bassins de St-Etienne et d'Autun. L'ouvrage de Delafond (22) mentionne les publications faites sur le bassin de Blanzv au cours du siècle dernier ; depuis, on trouve peu de chose concernant le bassin lui-même en dehors des travaux cités plus haut.

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION

CHAPITRE I. — *Pétrographie et paléontologie houillère.*

Pétrographie houillère	1
Paléontologie houillère	3

CHAPITRE II. — *Bassin houiller du Gard.*

Généralités	5
Aspect d'ensemble	6
Résultats des précédentes études	8
Critique des précédentes opinions; modifications et faits nouveaux	9
Stratigraphie	10
La tectonique tertiaire dans le bassin du Gard	18
La tectonique antétriasique	21
Structure d'ensemble du bassin du Gard	23
Description détaillée des différentes régions du bassin : coupes géologiques	
Bassin de Bessèges. — Région au N de la Cèze	25
Région de Bessèges à Rochessadoule et au Martinet	29
Région de Molières	34
Vallée de l'Auzonnet	34
Bassin de la Grand'Combe — Cuvette de Portes-la Vernarède	37
Région à l'E d'une ligne la Grand'Combe-le Pontil-Rouvière	39
Région comprise entre les bassins de la Grand' Combe et de Rochebelle	44
Bassin de Rochebelle	45
Liaison entre les bassins de Bessèges et de la Grand' Combe-Rochebelle	47
Le bassin du Gard à l'E des failles des Cévennes et de la Nougarede	48
Nature des phénomènes tectoniques dans le bassin du Gard	49
Principaux plis et accidents antétriasiques dans le bassin du Gard	54

Relation entre les principaux mouvements affectant les bassins de Bessèges et de la Grand'Combe-Rochelle	59
Conclusion	61

CHAPITRE III. — *Bassin houiller et permien de Graissessac.*

Généralités	62
Limites	63
Aspect d'ensemble	64
Résultat des précédentes études	65
Critique des précédentes opinions : faits nouveaux	65
Structure d'ensemble	66
Stratigraphie	67
Description stratigraphique des différents districts	69
Age du bassin de Graissessac	73
Description détaillée des différentes régions du bassin : coupes géologiques	74
Région « rive droite »	75
Liaison des quartiers « rive droite » et « rive gauche »	75
Région « rive gauche »	78
Passage de la région « rive gauche » à la zone de Verrières	80
Région de Verrières	81
Passage de la région de Verrières à la zone de l'Orb	82
Région de l'Orb	83
Les failles de l'Orb	84
Passage du Houiller au Permien inférieur et au Permien supérieur	85
Le bassin de Graissessac à l'W de la « rive droite »	86
Formation du bassin de Graissessac	87
Conclusion	89

CHAPITRE IV. — *Bassin houiller et permien d'Autun.*

Généralités	90
Stratigraphie	91
Tectonique	93
Nouvelles conceptions de la structure du bassin d'Autun	93
Etude particulière du passage de l'Autunien aux grès rouges	95
Formation du bassin d'Autun	97
Conclusion	97

CHAPITRE V. — *Bassin houiller et permien de Blanzv.*

Généralités	98
Aspect d'ensemble	98
Opinions antérieures au présent travail	100
Critique des précédentes opinions : modifications et faits nouveaux apportés	101
Structure d'ensemble	101
Stratigraphie	102
Structure des terrains houillers	112
Etude détaillée des différentes régions du bassin : coupes géologiques	115
Région à l'E du Breuil	115
Région à l'W du Breuil et à l'E d'une ligne Charmoy- la-ville-Les Bizots	118
Région comprise entre une ligne Charmoy-la-ville- Les Bizots et une ligne Les Chapeys-le Gratoux	120
Région comprise entre une ligne Les Chapeys-le Gratoux et une ligne Montchevrierv-la Sarra-les Sauges	121
Région à l'W d'une ligne Montchevrierv-la Sarra-les Sauges et à l'E de St-Romain -s-Versigny	123
Région à l'W de St-Romain-s-Versigny	125
Région de Bert et Montcombroux	127
Les grands traits du bassin de Blanzv : récapitulation, extension possible, considérations diverses	127
Conclusion	133

CHAPITRE IV. — *Bassins de St-Etienne, Communay, Ste-Foy-
l'Argentière, la Chapelle-s-Dun ; petits bassins de la bor-
dure orientale du Massif Central*

Bassin de St-Etienne

Généralités	134
Stratigraphie	134
Tectonique et structure d'ensemble	136
Le Permien dans le bassin de St-Etienne	137
Conclusion	138

<i>Le prolongement du bassin de St-Etienne vers l'E : Ter- rains houillers de la rive droite du Rhône entre Rive-de- Gier et Givors</i>	138
---	-----

<i>Bassin de Communay</i>	142
Limites	143
Stratigraphie	143
Conclusion	144

Bassin de la Chappelle-s.-Dun.

Limites	145
Stratigraphie	146
Tectonique	146
Conclusion	147

Bassin de Ste-Foy-l'Argentière.

Limites	148
Stratigraphie	149
Tectonique	150
Conclusion	151

<i>Les petits bassins de la bordure orientale du Massif Central</i>	151
---	-----

CHAPITRE VII. — Etude de quelques phénomènes géologiques dans les bassins limniques. Caractères généraux des principaux gisements de la bordure orientale du Massif Central ; comparaison avec d'autres gisements européens . . .	154
Formation des bassins	154
Origine des subsidences	155
Nature et mode d'apport des sédiments	156
Age des différents bassins	158
Le Permien inférieur et ses relations avec le Stéphaniens . .	159
Le Permien moyen et supérieur ; ses relations avec l'étage inférieur	159
Considérations sur la notion de phase tectonique : continuité des déformations	161
Evolutions des bassins houillers de la bordure orientale du Massif Central	162

CONCLUSION GENERALE	163
-------------------------------	-----

DEUXIÈME THÈSE

Propositions données par la Faculté

Organes et appareils reproducteurs chez les plantes à ovules des ères primaire et secondaire : disposition générale et structure : notions de fleur et de graine.

VU :

Les Membres du Jury,

M. THORAL R. KUHNER J. VIRET

VU ET APPROUVÉ :

Le Doyen de la Faculté des Sciences,

R. DOUIN

VU ET ACCORDÉ LE PERMIS D'IMPRIMER :

Lyon, le 1^{er} Décembre 1952

Le Recteur de l'Académie de Lyon,

A. ALLIX

